



**ANALISIS KUALITAS CITRA WATERMARKING MENGGUNAKAN
DISCRETE WAVELET TRANSFORM DENGAN TRANSMISI MELALUI
MODULASI QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING**

SKRIPSI

Oleh

**Ryan Ardyanto Agus Pratama
NIM 101910201003**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**ANALISIS KUALITAS CITRA WATERMARKING MENGGUNAKAN
DISCRETE WAVELET TRANSFORM DENGAN TRANSMISI MELALUI
MODULASI QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan guna mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Ryan Ardyanto Agus Pratama
NIM 101910201003**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Mamaku tercinta Sri Manganti dan Ayahku tersayang Jaya Winarno, terimakasih atas pengorbanan untuk membesarkan dan memberi pendidikan selama ini. Skripsi ini sebagai awal pembalasan pengorbanan kalian. *I Love You Mom and Dad.*
2. Adik-adikku tersayang Waldhy Rifki Dermawan dan Maya Anugerah P.A. Tanpa kalian aku tidak akan pernah belajar menjadi kakak yang baik. Semoga kalian bisa mencapai sesuatu yang lebih baik.
3. Teman Spesial Machdha Fauzi. Kau telah meluangkan hatimu untuk manusia seperti diriku. Semoga skripsi ini menjadi jalan awal untuk keluarga kecil kita. Amin.
4. Almamater tercinta Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(Surat Al-Mujadalah ayat 11)

Jika kamu menyerah hanya karena kata-kata orang lain yang ingin menjatuhkanmu, berarti kamu gagal dan orang itu berhasil.

(Mario Teguh)

Science without religion is lame, religion without science is blind.

(Albert Einstein)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ryan Ardyanto Agus Pratama

NIM : 101910201003

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Kualitas Citra *Watermarking* Menggunakan *Discrete Wavelet Transform* dengan Transmisi Melalui Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2 Februari 2015

Yang menyatakan,

Ryan Ardyanto Agus Pratama

NIM 101910201003

SKRIPSI

**ANALISIS KUALITAS CITRA WATERMARKING MENGGUNAKAN
DISCRETE WAVELET TRANSFORM DENGAN TRANSMISI MELALUI
MODULASI *QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING***

Oleh

Ryan Ardyanto Agus Pratama

NIM 101910201003

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ike Fibriani, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Kualitas Citra *Watermarking* Menggunakan *Discrete Wavelet Transform* dengan Transmisi Melalui Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying*” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Senin, 2 Februari 2015

tempat : Program Studi S1 Jurusan Teknik Elektro

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Ike Fibriani, S.T., M.T.
NRP. 760011391

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM.
NIP . 19631201 199402 1 002

Tim Penguji

Penguji I

Penguji II

Catur Suko Sarwono, S.T.
NIP. 19680119 199702 1 001

Dodi Setiabudi, S.T., M.T.
NIP . 19840531 200812 1 004

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

ANALISIS KUALITAS CITRA *WATERMARKING* MENGGUNAKAN
DISCRETE WAVELET TRANSFORM DENGAN TRANSMISI MELALUI
MODULASI *QUADRATURE PHASE SHIFT KEYING*

Ryan Ardyanto Agus Pratama

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi dan adanya internet memudahkan citra bisa tersebar secara cepat. Hal itu membuat citra sangat mudah untuk dimodifikasi sehingga menimbulkan masalah hak cipta dan keamanan data. Salah satu metode untuk mengatasinya adalah *watermarking*. Tujuan penelitian ini adalah merancang simulasi algoritma *watermarking* dengan teknik *discrete wavelet transform* (DWT) dan simulasi transmisi citra melalui modulasi *quadrature phase shift keying* (QPSK). Hasil percobaan pembentukan citra *watermarking*, citra *grayscale* memiliki hasil yang paling baik yaitu dengan rata-rata nilai PSNR 64,9135 dB. Pengujian ketahanan citra hasil *watermarking* terhadap kompresi DWT menghasilkan citra hasil ekstraksi dengan rata-rata PSNR 3,4041 dB dan 25,9007 dB. Ketahanan terhadap proses transmisi menghasilkan rata-rata PSNR 5,7612 dB dan 6,12796 dB. Citra hasil *watermarking* dan hasil ekstraksi juga dinilai secara subyektif yang menyatakan proses pembentukan *watermarking* berkualitas tinggi, dan citra hasil ekstraksi masih terbaca sehingga bisa dijadikan alat autentifikasi.

Kata kunci : *watermarking*, DWT, QPSK, PSNR.

*ANALYSIS OF WATERMARKING IMAGE QUALITY USING DISCRETE
WAVELET TRANSFORM WITH TRANSMISSION BY QUADRATURE PHASE
SHIFT KEYING MODULATION*

Ryan Ardyanto Agus Pratama

Electrical Engineering Department, Engineering Faculty, University of Jember

ABSTRACT

The development of information technology (IT) and internet can share images easily and fast. It causes images can be modified easily so it creates copyright problems and data security. One of method to solve it is watermarking method. The purpose of this research is designing watermarking algorithm simulation using discrete wavelet transform (DWT) technique and simulation of image transmission by quadrature phase shift keying (QPSK) modulation. The result of watermarking image embedding, shows that grayscale image has the best result with the average score of PSNR 64,9135 dB. Robustness testing of watermarked image to DWT compression show the result of extracted image with the average score of PSNR 3,4041 dB and 25,9007dB . Robustness of QPSK transmission show the average score of PSNR 5,7612 dB and 6,12796 dB. Watermarked image and extracted image are also judged subjetively that stated watermaked image has high quality, and extracted image can be read so it can used for authentication.

Key words : watermarking, DWT, QPSK, PSNR.

RINGKASAN

Analisis Kualitas Citra Watermarking Menggunakan Discrete Wavelet Transform dengan Transmisi Melalui Modulasi Quadrature Phase Shift Keying; Ryan Ardyanto Agus Pratama; 101910201003; 2015; 78 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Image processing merupakan suatu teknik yang sangat penting bagi manusia untuk memudahkan proses visualisasi suatu citra. Adanya internet memudahkan citra bisa tersebar secara cepat sehingga sangat mudah untuk dimodifikasi dan menimbulkan masalah hak cipta dan keamanan data. Mengacu pada permasalahan di atas, dibutuhkan sebuah metode untuk mengatasi permasalahan hak cipta dan keamanan data yaitu *watermarking*. *Watermarking* merupakan teknik penyisipan informasi dalam data *digital* seperti citra, audio, dan video secara rahasia yang menyatakan informasi pemilik hak cipta atau gambar bermakna. Informasi yang disisipkan harus dapat diperoleh kembali meskipun data *digital* telah mengalami pemrosesan data. Tujuan penelitian yaitu merancang dan mensimulasikan algoritma untuk : (1) proses *watermarking* dan *dewatermarking* dengan menggunakan teknik *discrete wavelet transform* (DWT), (2) kanal transmisi *quadrature phase shift keying* (QPSK) untuk mengetahui kehandalan citra. Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai solusi dalam mengatasi permasalahan hak cipta dan keamanan data.

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap percobaan dengan dua jenis penilaian. Percobaan pertama yaitu perancangan algoritma untuk proses pembentukan *watermarking* dengan teknik DWT, dimana teknik ini akan memecah citra menjadi empat koefisien yang terdiri dari satu koefisien aproksimasi dan tiga koefisien detil, yang disebut dengan proses *forward* DWT. Proses *watermarking* dilakukan dengan cara mencampur koefisien aproksimasi citra asli (*host*) dan citra *watermark* (logo) sehingga diperoleh koefisien aproksimasi baru dari citra hasil *watermarking*. Berikutnya yaitu akan dilakukan proses rekonstruksi untuk mendapatkan citra hasil *watermarking*, yang disebut proses *inverse* DWT.

Percobaan tahap kedua melakukan pengujian ketahanan (*robustness*) terhadap citra hasil *watermarking*. Pengujian ini dilakukan dengan mensimulasikan proses transmisi citra hasil *watermarking* melalui modulasi QPSK. Pada proses ini sebelumnya citra akan dikompresi dengan DWT yang kemudian akan ditransmisikan, pada kanal transmisi ditambahkan noise AWGN yang bertujuan untuk mengurangi kualitas citra hasil *watermarking*. Hasil dari percobaan ini dibagi dua yaitu citra yang hanya dikompresi dan citra yang melalui proses transmisi. Percobaan tahap ketiga yaitu proses *dewatermarking* atau ekstraksi dari citra hasil *watermarking*. Proses ini dilakukan untuk mendapatkan kembali citra logo yang disisipkan untuk dijadikan autentifikasi. Uji kehandalan citra hasil *watermarking* akan dilihat pada proses ini.

Penilaian yang dilakukan yaitu penilaian obyektif dan subyektif. Penilaian obyektif didasarkan pada perhitungan saat proses percobaan terjadi, dimana diperoleh dari dua parameter yaitu *mean square error* (MSE) dan *peak signal-to-noise ratio* (PSNR). Sedangkan penilaian subyektif didasarkan pada persepsi visual manusia sebagai pengamat terhadap hasil percobaan yang dilakukan.

Dari hasil penelitian berdasarkan penilaian obyektif, pada percobaan pertama diketahui kualitas citra hasil *watermarking* dengan rata-rata PSNR 56,2675 dB untuk citra RGB dan 64,9135 dB untuk citra *grayscale*. Percobaan kedua yaitu pengujian ketahanan citra yang dikompresi diperoleh rata-rata PSNR 16,561 dB untuk RGB dan 13,442 dB untuk citra *grayscale*, sedangkan pada citra yang ditransmisi diperoleh rata-rata nilai PSNR 5,4022 dB untuk citra RGB dan 6,1151 dB untuk citra *grayscale*. Percobaan ketiga yaitu ekstraksi citra hasil *watermarking* pada citra yang dikompresi diperoleh rata-rata PSNR 15,9584 dB untuk citra RGB dan 13,8778 dB untuk citra *grayscale*, sedangkan pada citra hasil transmisi diperoleh rata-rata PSNR 16,3276 dB untuk citra RGB dan 18,4749 dB untuk citra *grayscale*.

Dari penilaian subyektif untuk citra hasil *watermarking* didapat rata-rata MOS 4,7 untuk RGB dan 4,46 untuk *grayscale*. Untuk citra hasil ekstraksi diperoleh rata-rata nilai MOS 3,09 untuk RGB dan 3,39 untuk *grayscale* pada citra ekstraksi setelah dikompresi, sedangkan pada citra ekstraksi setelah

ditransmisi diperoleh rata-rata nilai MOS 3,46 untuk RGB dan 2,97 untuk *grayscale*. Dari hasil penilaian tersebut dapat disimpulkan bahwa pembentukan *watermarking* memiliki rata-rata kualitas yang bagus berdasarkan tabel PSNR, dan hasil *watermarking* dan hasil ekstraksi tidak hanya didasarkan pada nilai PSNR, melainkan juga pada penilaian subyektif yang keduanya menyatakan bahwa kualitas citra hasil ekstraksi tahan terhadap proses pengolahan citra dan layak dijadikan alat autentifikasi.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas Citra *Watermarking* Menggunakan *Discrete Wavelet Transform* dengan Transmisi Melalui Modulasi *Quadrature Phase Shift Keying*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama. Terimakasih atas semua bimbingan dan tuntunannya hingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko, MM. selaku Dosen Pembimbing Anggota. Terimakasih telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Catur Suko S., S.T. dan Bapak Dodi Setiabudi, S.T., M.T. Selaku Dosen Penguji atas masukan dan koreksinya sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik.
5. Ayah (Jaya Winarno) dan Mama (Sri Manganti), Adik (Waldhy dan Maya), serta Nenek (Sutilah) yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam setiap kesempatan.
6. Teman spesial penulis Machdha Fauzi yang selalu mandampingi penulis hingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman TE'10, terimakasih atas saran dan semangat dari kalian untuk menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman Kontrakan Jongma, terimakasih telah menerima penulis untuk berkumpul dan tinggal bersama kalian.

9. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis hanya dapat berdoa semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan memberi kemurahan bagi berbagai pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat dikembangkan lagi sebagai dasar oleh para peneliti ke depan dalam bidang penelitian Ilmu Elektro Telekomunikasi. Disadari oleh penulis bahwa penyusunan maupun penyajian skripsi ini kurang sempurna. Oleh sebab itu, penulis mohon maaf atas semua kekurangan dalam skripsi ini dan menerima dengan senang hati segala bentuk kritik maupun saran yang membangun.

Jember, 2 Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Citra Digital	6
2.2 Watermarking.....	9
2.2.1 Sejarah Watermarking.....	9
2.2.2 Digital Watermarking.....	10
2.2.3 Tipe Watermark.....	11
2.2.4 Karakteristik Watermarking.....	11
2.2.5 Aplikasi Watermarking	13

2.2.6	Klasifikasi <i>Watermarking</i>	14
2.2.7	<i>Digital Image Watermarking</i>	14
2.3	<i>Wavelet</i>	15
2.3.1	<i>Discrete Wavelet Transform (DWT)</i>	17
2.4	Kompresi Citra	22
2.4.1	Teknik Kompresi Citra.....	23
2.5	<i>Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)</i>	25
2.5.1	Diagram Konstelasi QPSK.....	26
2.6	Parameter Kualitas Citra	26
2.6.1	Parameter Obyektif	27
2.6.2	Parameter Subyektif	28
2.7	MATLAB	28
2.7.1	<i>GUIDE</i> MATLAB.....	29
2.7.2	Aplikasi <i>M-file</i>	30
2.7.3	Aplikasi <i>Simulink</i>	30
BAB 3.	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1	Tahap Penelitian	31
3.2	Jadwal Peneletian	32
3.3	Alat dan Bahan	32
3.4	Parameter Penelitian	33
3.5	Konfigurasi Sistem	34
3.5.1	Proses <i>Watermarking</i>	34
3.5.2	Proses Transmisi	36
3.5.3	Proses Ekstraksi Citra Hasil <i>Watermarking</i>	37
3.6	<i>Flowchart</i> Penelitian	39
3.7	<i>Flowchart</i> <i>Watermarking</i>	40
3.8	<i>Flowchart</i> Transmisi Citra	41
3.9	<i>Flowchart</i> Ekstraksi	42
BAB 4.	ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Desain Program Penelitian	43
4.1.1	Tampilan Utama.....	43

4.1.2	Menu <i>Color Watermarking</i>	43
4.1.3	Menu <i>Gray Watermarking</i>	47
4.2	Analisis Citra <i>Watermarking</i>	52
4.2.1	Algoritma <i>Watermarking</i>	52
4.2.2	Jenis dan Ukuran Citra	52
4.2.3	Hasil Analisis Obyektif <i>Watermarking</i>	53
4.3	Transmisi Citra Hasil <i>Watermarking</i>	62
4.3.1	Algoritma Transmisi	62
4.3.2	Analisis Obyektif Citra Hasil Transmisi	63
4.4	Ekstraksi <i>Watermarking</i>	67
4.4.1	Algoritma Ekstraksi.....	67
4.4.2	Analisis Obyektif Hasil Ekstraksi	68
4.5	Analisis Subyektif	72
4.5.1	Analisis Citra Hasil <i>Watermarking</i>	73
4.5.2	Analisis Citra Ekstraksi Setelah Kompresi	74
4.5.3	Analisis Citra Ekstraksi Setelah Transmisi	75
BAB 5.	PENUTUP	77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Nilai PSNR.....	28
3.1 Penjadwalan penelitian.....	32
4.1 Perbandingan nilai <i>alpha</i>	54
4.2 Perbandingan tingkat dekomposisi.....	58
4.3 Pengujian citra hasil <i>watermarking</i>	61
4.4 Pengujian kompresi citra hasil <i>watermarking</i>	64
4.5 Pengujian transmisi citra hasil <i>watermarking</i>	65
4.6 Ekstraksi citra hasil kompresi.....	69
4.7 Ekstraksi citra hasil transmisi.....	71

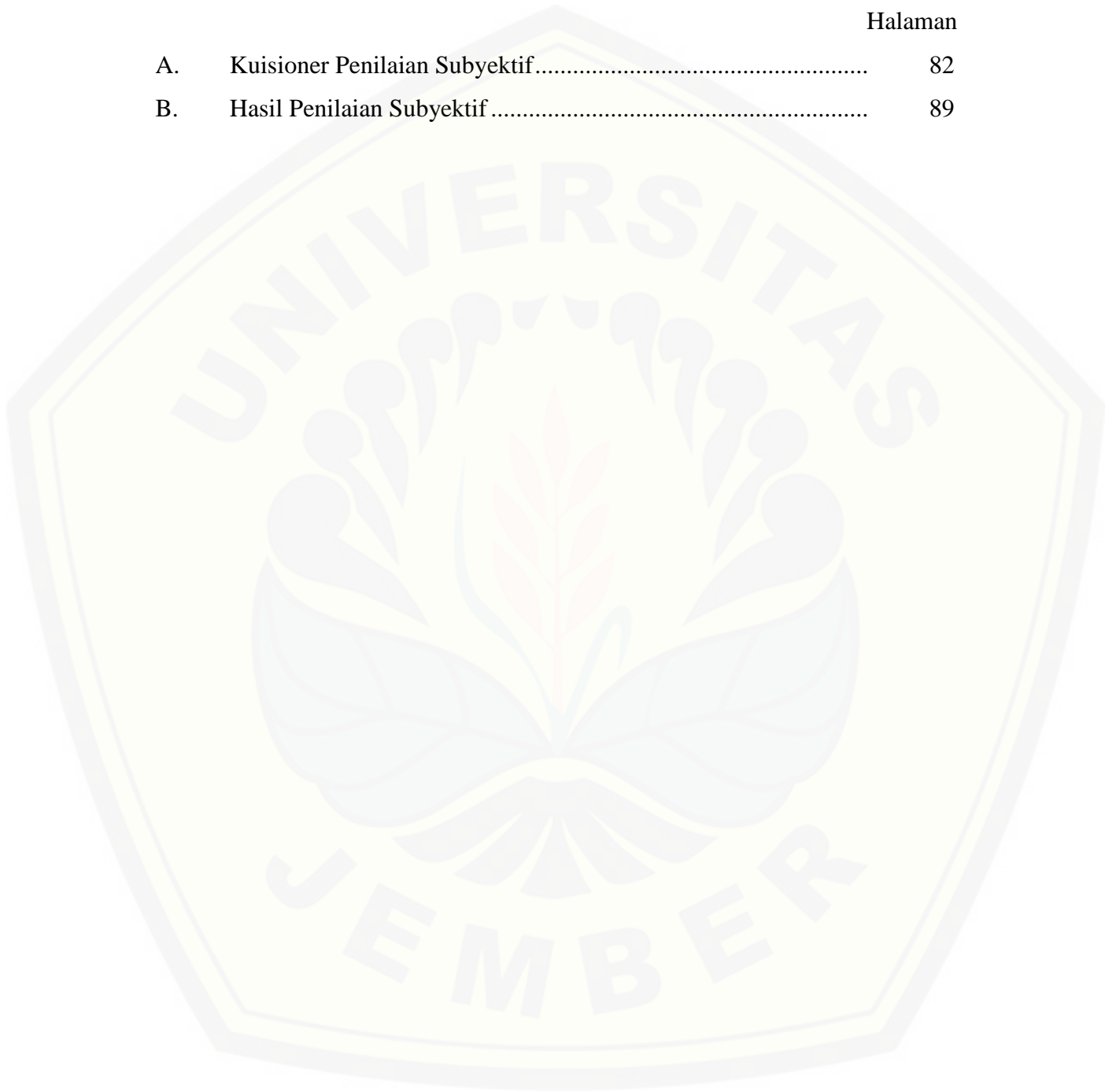
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Koordinat suatu piksel pada citra <i>digital</i>	6
2.2 Contoh citra biner 1 bit.....	8
2.3 Contoh citra <i>grayscale</i> 4 bit	8
2.4 Contoh citra warna 4 bit	9
2.5 Representasi 3 <i>byte</i> citra warna	9
2.6 Proses penyisipan <i>watermark</i>	15
2.7 Proses ekstraksi <i>watermark</i>	15
2.8 Perbedaan gelombang sinus dan <i>wavelet</i>	16
2.9 Translasi pada <i>wavelet</i>	16
2.10 Perubahan skala pada <i>wavelet</i>	16
2.11 Proses dekomposisi FDWT level 1	19
2.12 <i>Subband</i> hasil <i>Forward</i> DWT	20
2.13 Proses rekonstruksi IDWT level 1	22
2.14 Pemancar QPSK.....	25
2.15 Penerima QPSK.....	26
2.16 Diagram konstelasi QPSK.....	26
3.1 Konfigurasi sistem <i>watermarking</i> dengan transmisi QPSK.....	34
3.2 Citra <i>host</i> dengan format yang digunakan.....	35
3.3 Citra <i>watermark</i> dengan format yang digunakan.....	35
3.4 Proses penyisipan <i>watermark</i>	36
3.5 Proses ekstraksi <i>watermark</i>	38
3.6 <i>Flowchart</i> penelitian	39
3.7 <i>Flowchart watermarking</i>	40
3.8 <i>Flowchart</i> proses transmisi citra hasil <i>watermarking</i>	41
3.9 <i>Flowchart</i> proses ekstraksi citra hasil <i>watermarking</i>	42
4.1 Tampilan program <i>watermarking</i>	43
4.2 Tampilan menu <i>color watermarking</i>	44

4.3	Tampilan menu <i>embedding</i> pada <i>color watermarking</i>	44
4.4	Tampilan menu <i>extraction</i> pada <i>color watermarking</i>	45
4.5	Tampilan menu <i>DWT compression</i> pada <i>color watermarking</i> ...	46
4.6	Tampilan menu <i>QPSK transmission</i> pada <i>color watermarking</i> ..	47
4.7	Tampilan menu <i>gray watermarking</i>	48
4.8	Tampilan menu <i>embedding</i> pada <i>gray watermarking</i>	49
4.9	Tampilan menu <i>extraction</i> pada <i>gray watermarking</i>	50
4.10	Tampilan menu <i>DWT compression</i> pada <i>gray watermarking</i> ...	50
4.11	Tampilan menu <i>QPSK transmission</i> pada <i>gray watermarking</i> ...	51
4.12	Proses <i>image watermarking</i>	52
4.13	Citra <i>host</i>	53
4.14	Citra <i>watermark</i> (logo).....	53
4.15	Perbandingan nilai <i>alpha</i>	55
4.16	Proses dekomposisi (FDWT) level 1	56
4.17	Perbandingan tingkat dekomposisi citra	57
4.18	Perbandingan tingkat dekomposisi.....	57
4.19	Citra hasil <i>watermarking</i>	60
4.20	Proses transmisi citra hasil <i>watermarking</i>	63
4.21	Pengujian kompresi citra hasil <i>watermarking</i>	66
4.22	Pengujian transmisi citra hasil <i>watermarking</i>	66
4.23	Proses ekstraksi <i>watermarking</i>	67
4.24	Hasil ekstraksi citra kompresi	70
4.25	Hasil ekstraksi citra transmisi	72
4.26	Penilaian subyektif citra RGB hasil <i>watermarking</i>	73
4.27	Penilaian subyektif citra <i>grayscale</i> hasil <i>watermarking</i>	73
4.28	Penilaian subyektif citra ekstraksi RGB setelah kompresi.....	74
4.29	Penilaian subyektif citra ekstraksi <i>grayscale</i> setelah kompresi ..	74
4.28	Penilaian subyektif citra ekstraksi RGB setelah transmisi.....	75
4.29	Penilaian subyektif citra ekstraksi <i>grayscale</i> setelah transmisi ..	75

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Kuisiner Penilaian Subyektif.....	82
B. Hasil Penilaian Subyektif	89



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modern yang sarat akan teknologi saat ini, *image processing* merupakan suatu teknik yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Karena manusia sangat membutuhkan visualisasi maka dengan adanya pencitraan segala sesuatu akan menjadi lebih mudah untuk diingat dan dipelajari. Citra diolah sehingga sangat sempurna, mulai dari pencahayaan, sampai warna yang sangat tajam. Selain citra, teknologi yang berkembang saat ini yaitu teknologi informasi, dimana informasi dalam berbagai bentuk dan media dapat tersebar dengan begitu cepat. Apalagi dengan adanya internet dan berkembangnya bermacam-macam teknik transmisi yang penyebarannya begitu pesat, informasi dapat menyebar dengan cepat dan mudah tanpa mengenal ruang dan waktu, sehingga setiap hari banyak informasi yang ditransmisikan melalui media internet, termasuk informasi yang berisi citra *digital*.

Namun karena informasi dalam bentuk data *digital* misalnya citra *digital* sangat mudah untuk dimodifikasi, penyebaran data melalui internet juga memberikan kesempatan kepada pihak yang tidak berhak untuk membuat salinan tanpa izin dari pemilik sah, bahkan menyebarkannya untuk kepentingan komersial. Hal ini dapat menimbulkan persoalan hak cipta bagi citra *digital* yang tersebar. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk melindungi hak cipta pada citra *digital* adalah dengan *watermarking*.

Watermarking merupakan teknik penyisipan (*embedding*) informasi yang berupa *copyright* atau citra ke dalam data *digital* seperti citra, audio, dan video secara rahasia. *Watermark* tersebut berlaku sebagai *signature* pemilik data multimedia yang memperingatkan kepada publik bahwa data multimedia tersebut adalah propertinya. 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*). Informasi yang

disisipkan kemudian harus dapat diperoleh kembali meskipun data *digital* telah diproses, disalin atau ditransmisikan (Tyas, 2011).

Watermarking terhadap data *digital* dapat digolongkan menjadi dua yaitu pada *domain* spasial dan *domain* transformasi. *Watermarking* yang bekerja pada *domain* spasial langsung mengubah nilai piksel pada citra asli. Metode tersebut memiliki kompleksitas komputasi yang rendah namun tidak tahan terhadap serangan. Sebaliknya teknik *domain* transformasi menyisipkan *watermark* ke dalam koefisien transformasi seperti *Discrete Fourier Transform* (DFT), *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT), dan *Singular Value Decomposition* (SVD) memiliki banyak keuntungan dan kinerja yang lebih baik daripada teknik yang bekerja pada *domain* spasial (Cahyana, 2007).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Baharuddin (2008) yang berjudul perbandingan kinerja citra *watermarking* dengan menggunakan metode DWT dan DCT disimpulkan bahwa kualitas citra *watermarking* metode DWT lebih baik dibandingkan metode DCT baik dalam hal pembentukan *watermarking*, ekstraksi *watermark*, dan kehandalan citra *watermarking*. DWT merupakan transformasi yang paling dekat terhadap *human visual system* (HSV), sehingga lebih menjamin bahwa visual manusia tidak bisa membedakan perbedaan yang terjadi antara citra yang sudah disisipi dengan citra yang belum disisipi (Gonzalez & Woods, 2008).

Dalam sistem komunikasi, informasi berupa data *digital* dari pemancar dikirim menuju penerima melalui medium kanal komunikasi, termasuk juga pentransmisian citra *watermarking*. Citra yang sudah diberi *watermark* harus mampu ditransmisikan untuk mengukur ketahanan dari citra tersebut. Selama transmisi informasi akan banyak mengalami penurunan kualitas yang disebabkan karena adanya *noise* dan semacamnya pada kanal *wireless* tersebut (Baharuddin dan Anggraini, 2008). Permasalahan lain yang timbul dari pentransmisian data yaitu *file-file* dengan ukuran besar sehingga akan mempengaruhi *bit rate* dalam pengiriman dan penyimpanan, serta membutuhkan *bandwidth* yang besar, sedangkan jumlah data yang melewati media transmisi sangat terbatas (Mahjud, 2010).

Dari latar belakang tersebut, peneliti akan menggunakan metode DWT dalam skema *watermarking*. Teknik ini lebih mudah diaplikasikan dan hasilnya lebih baik dibandingkan dengan teknik sebelumnya. Untuk proses pengujian ketahanan citra *watermarking* dalam penelitian ini akan dirancang proses transmisi *wireless* melalui modulasi *quadrature phase shift keying* (QPSK). Keunggulan modulasi QPSK yaitu dua bit ditransmisikan secara simultan dalam satu selang waktu interval T, sehingga transmisi datanya lebih cepat dibandingkan ASK, FSK, dan BPSK. QPSK paling banyak digunakan dibandingkan MPSK lainnya, karena tidak mempengaruhi nilai *bit error rate* (BER) saat efisiensi *bandwidth* dinaikkan. Dibandingkan dengan QAM, QPSK memiliki kemungkinan error yang lebih tinggi tetapi modulasi QPSK lebih tahan terhadap *noise* dan lebih sedikit mengonsumsi daya (Xiong, 2000).

Sebelum ditransmisikan, citra akan mengalami proses kompresi untuk mereduksi ukuran *file* tetapi tanpa mengurangi kualitas gambar secara signifikan dengan menggunakan teknik DWT, karena penggunaan teknik DWT lebih handal daripada teknik DCT yang dapat menimbulkan efek *blocking* yang menyebabkan terjadinya penurunan kualitas citra. Dalam kompresi, distorsi yang ditimbulkan oleh *wavelet domain* tidak terlalu mengganggu dibandingkan dengan *domain* lain saat rasio kompresi tinggi. Keuntungan lainnya dari DWT pada proses kompresi yaitu kemampuan untuk menampilkan gambar pada resolusi yang berbeda seperti frekuensi rendah dan frekuensi tinggi secara bersamaan. Dalam proses transmisi juga akan menimbulkan *noise* yang dapat menurunkan kualitas citra.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah yang diangkat pada skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses *watermarking* pada citra *digital* menggunakan teknik DWT ?
2. Bagaimana kualitas citra *watermarking* saat ditransmisikan serta keandalannya (*robustness*) dari serangan *noise* dan kompresi dengan modulasi QPSK?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan pembahasan skripsi ini dihubungkan dengan masalah yang diuraikan pada rumusan masalah di atas adalah :

1. *File host* berupa citra berwarna atau citra *grayscale* (format *.jpg)
2. *File watermark* berupa citra berwarna atau citra *grayscale* (format *.bmp, *.jpg, dan *.png).
3. Proses transmisi menggunakan modulasi QPSK.
4. Pengujian kehandalan citra *digital* hasil *watermarking* dilakukan pada proses kompresi dan transmisi.
5. Sebagai kriteria untuk performansi sistem adalah kriteria obyektif dan kriteria subyektif. Kriteria obyektif yang digunakan adalah *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) dan *Mean Square Error* (MSE), sedangkan yang digunakan untuk kriteria subyektif adalah *Mean Opinion Score* (MOS).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan mensimulasi algoritma *watermarking* dan *dewatermarking* dengan menggunakan teknik *Discrete Wavelet Transform* (DWT).
- b. Merancang dan mensimulasikan kanal tranmisi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK) serta memberikan pengaruh *noise* terhadap kualitas citra hasil rekontruksi.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah didapatkannya solusi dalam mengatasi permasalahan hak cipta dan keamanan data, yaitu dengan menggunakan teknik *watermarking* berbasis *discrete wavelet transform* (DWT).

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar penyusunan proposal penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika pembahasan.

BAB 2 TINJUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang materi yang berisi tentang teori untuk mendukung penelitian tugas akhir ini. Materi yang akan dibahas diantaranya tentang pengertian *watermarking* dan transmisi data.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi, waktu penelitian, sistematika analisis, dan prosesnya dalam bentuk diagram alur.

BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan perangkat lunak dan analisis citra hasil *watermarking*.

BAB 5 KESIMPULAN

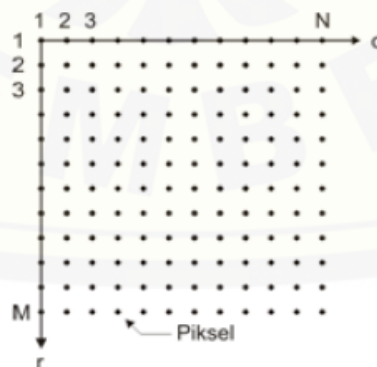
Merupakan bab yang berisi kesimpulan dan saran.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Citra Digital

Citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi. Ditinjau dari sudut pandang matematis, citra merupakan fungsi yang kontinu dari intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut (Semarajana, 2007). Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera, *scanner*, atau yang lain sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam.

Citra *digital* sebenarnya bukanlah sebuah data *digital* yang normal, melainkan sebuah representasi dari citra asal yang bersifat analog. Citra *digital* ditampilkan pada layar komputer dengan berbagai macam susunan warna dan tingkat kecerahan. Susunan inilah yang menyebabkan sebuah citra bersifat analog karena susunan warna yang dimiliki dalam sebuah citra mengandung jumlah warna dan tingkat kecerahan yang tidak terbatas. Secara matematis citra *digital* dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas $f(x,y)$ dengan harga x (baris) dan y (kolom) merupakan koordinat posisi dan $f(x,y)$ adalah fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut (Sutoyo, 2009). Koordinat suatu piksel pada citra *digital* dapat dilihat pada gambar 2.1. Piksel yang ditunjukkan anak panah berada pada koordinat $(M,4)$.



Gambar 2.1 Koordinat suatu piksel pada citra *digital*

Citra *digital* yang mengandung matriks data berukuran $m \times n \times 3$ yang merepresentasikan warna merah, hijau, dan biru untuk setiap pikselnya disebut citra berwarna (RGB). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*, yang berarti setiap warna mempunyai gradasi sebanyak 256 warna sehingga total warna yang diperoleh adalah 16 juta warna. Sedangkan setiap piksel dalam citra *grayscale* merepresentasikan nilai intensitas atau derajat keabuan yang diwakili oleh 1 *byte*.

Menurut Alfatwa (2009), komputer merupakan alat yang beroperasi dalam sistem *digital* yang menggunakan bit atau *byte* dalam pengukuran datanya, dan yang terpenting dalam sistem *digital* adalah sifatnya yang diskrit, bukan kontinyu. Hal ini berlawanan dengan citra *digital* yang sebenarnya merupakan representasi citra asal yang bersifat kontinyu. Untuk mengubah citra yang bersifat kontinyu diperlukan sebuah cara untuk mengubahnya dalam bentuk *digital*. Komputer menggunakan sistem bilangan biner dalam pemecahan masalah ini. 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* (Hakim, 2012).

Menurut Wiguna (dalam Hakim, 2012), dalam citra *digital* terdapat tiga jenis citra yang sering digunakan, yaitu :

a. Citra Biner (*monochrome*)

Citra biner adalah citra digital yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai piksel 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 akan direpresentasikan adalah hitam. Untuk angka 1 terdapat cahaya, sehingga warna yang direpresentasikan adalah putih. Standar tersebut disebut sebagai standar citra cahaya, sedangkan citra tinta atau cat berkebalikan, karena biner tersebut menyatakan ada tidaknya tinta. Gambar 2.2 memperlihatkan contoh dari citra biner.



Gambar 2.2 Contoh citra biner 1 bit

b. 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 gradasi warna yang terbentuk. Gambar 2.3 memperlihatkan contoh citra *grayscale*.

Gambar 2.3 Contoh citra *grayscale* 4 bit

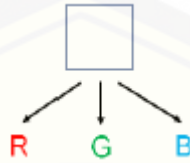
c. Citra warna (*true color*)

Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari tiga warna dasar (RGB = *red*, *green*, *blue*). Setiap warna dasar menggunakan penyimpanan 8 bit = 1 *byte*, yang berarti warna mempunyai gradasi sebanyak 256 warna. Berarti setiap piksel mempunyai kombinasi warna sebanyak $2^8 \cdot 2^8 \cdot 2^8 = 16$ juta warna lebih. Itulah sebabnya mengapa disebut citra *true colour* karena mempunyai jumlah warna yang cukup besar sehingga bisa dikatakan hampir mencakup semua warna di alam.

Dalam citra warna (*true color*) penyimpanan di dalam 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 2.4 memperlihatkan contoh citra warna 4 bit dan gambar 2.5 mempresentasikan 3 *byte* citra warna (*true color*).



Gambar 2.4 Contoh citra warna 4 bit

Gambar 2.5 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.

2.2 Watermarking

2.2.1 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. 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 (Alfatwa, 2009).

2.2.2 Digital Watermarking

Watermarking dapat diartikan sebagai suatu teknik penyembunyian data atau informasi “rahasia” pada suatu data lainnya untuk “ditumpang” (kadang disebut dengan *host data*), tetapi orang lain tidak menyadari kehadiran adanya data tambahan pada data *host* tersebut. Sehingga seolah-olah tidak ada perbedaan antara data *host* sebelum dan sesudah proses *watermarking*. (Ariyus, 2006). *Watermarking* didasarkan pada ilmu *steganography*, yaitu ilmu yang mengkaji tentang penyembunyian data. Teknik ini mengambil keuntungan dari keterbatasan indra manusia khususnya penglihatan dan pendengaran, sehingga *watermark* yang dibutuhkan pada dokumen tidak akan disadari kehadirannya oleh manusia (Susanto dkk., Tanpa Tahun).

Watermarking dapat juga dipandang sebagai kelanjutan *cryptography*, namun *watermarking* berbeda dengan *cryptography* dimana letak perbedaannya adalah hasilnya. 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 (Hakim, 2012).

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. *Digital watermarking* sendiri adalah sebuah kode identifikasi yang secara permanen disisipkan ke dalam data *digital* dengan membawa informasi yang berhubungan dengan perlindungan hak cipta dan otentikasi data.

2.2.3 Tipe *Watermark*

Pada dasarnya terdapat dua jenis tipe *watermark*, yaitu (Munir, 2010) :

a. *Visible*

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

2.2.4 Karakteristik *Watermarking*

Penyisipan data rahasia pada citra *digital* akan mengubah kualitas citra tersebut, sehingga ada hal-hal yang harus diperhatikan dalam penerapan metode *watermarking*. Sebuah teknik *watermarking* yang baik juga harus memenuhi persyaratan di antaranya adalah sebagai berikut (Ariyus, 2006) :

a. *Robustness*

Watermark harus *robust* artinya data yang disembunyikan harus tahan terhadap manipulasi yang dilakukan pada citra penampung (seperti perubahan kontras, penajaman, rotasi, perbesaran gambar, enkripsi, kompresi terutama kompresi *lossy*, dan sebagainya). Bila pada citra dilakukan proses pengolahan citra, maka data yang disembunyikan tidak rusak (*watermark* masih bisa terdeteksi).

b. *Fidelity*

Dalam beberapa literatur *fidelity* kadang disebut *invisibilty* untuk jenis data citra dan video atau *inaudible* untuk data jenis suara. Yang dimaksud dengan *fidelity* disini adalah derajat degradasi *host data* sesudah diberikan *watermark*

dibandingkan dengan sebelum diberikan *watermark*. Pendapat dari Munir (2006) bahwa *fidelity* yaitu mutu citra penampung tidak jauh berubah setelah penambahan data rahasia. Biasanya bila *robustness* dari *watermark* tinggi maka memiliki *fidelity* yang rendah begitu pula sebaliknya *robustness* yang rendah akan membuat *fidelity* tinggi.

c. *Tamper Resistance*

Yang dimaksud *tamper resistance* adalah ketahanan sistem *watermarking* terhadap kemungkinan adanya serangan atau usaha untuk menghilangkan, merubah, bahkan untuk memberikan *watermark* palsu terhadap *host data*. Serangan yang sering terjadi pada *watermark* antara lain :

1. *Active attacks*, merupakan serangan untuk menghilangkan *watermark* yang terdapat pada *host data*.
2. *Passive attacks*, merupakan serangan yang bertujuan hanya untuk mengetahui apa isi *watermark* tersebut saat disisipi pesan dalam *host data*.
3. *Collusion attacks*, merupakan serangan untuk menghasilkan sebuah *copy* dari *host data* yang tidak memiliki *watermark* dengan memanfaatkan beberapa *host data* yang memiliki berbagai *watermark*.
4. *Forgery attacks*, merupakan serangan yang tidak hanya bertujuan untuk membaca atau menghilangkan *watermark* yang ada, tetapi juga menanamkan suatu *watermark* baru ke dalam suatu *host data*.

d. *Imperceptibility*

Yang dimaksud dengan *imperceptibility* adalah keberadaan *watermark* tidak dapat dipersepsi oleh indra visual. Hal ini bertujuan untuk menghindari gangguan pengamatan visual.

e. *Key uniqueness*

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.

f. *Recovery*

Yang dimaksud yaitu data yang disembunyikan harus dapat diungkapkan kembali. Karena tujuan dari *watermarking* adalah penyembunyian data, maka

sewaktu-waktu data rahasia dalam *host data* harus dapat diambil kembali untuk dapat digunakan lebih lanjut.

2.2.5 Aplikasi *Watermarking*

Watermarking sebagai teknik penyembunyian data pada data *digital* lain dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, seperti :

a. *Broadcast Monitoring*

Watermarking dapat digunakan dalam *broadcast monitoring* dengan menambahkan *watermark* yang unik ke dalam tiap video ataupun suara sebelum ditayangkan oleh stasiun televisi atau disiarkan oleh stasiun radio. Dan sebuah stasiun otomatis akan menerima tayangan tersebut sehingga dapat mengekstrak informasi *watermark* yang dibawanya dan mencatat kapan dan dimana tayangan tersebut muncul.

b. *Copyright-Labeling* atau *Owner Identification*

Watermarking dapat digunakan sebagai metode untuk penyembunyian atau penyisipan informasi label hak cipta pada data *digital* sebagai bukti otentik kepemilikan karya *digital* tersebut. Informasi tersebut biasanya 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 diekstrak dengan pemilik citra.

c. *Medical record*

Watermark digunakan dalam catatan medis seperti penyisipan *watermark* dalam foto sinra-X berupa ID pasien dengan maksud untuk memudahkan identifikasi pasien atau untuk hasil diagnosis penyakit sang pasien tersebut.

d. *Covert Communication*

Watermarking digunakan sebagai media mengirimkan pesan-pesan rahasia kepada orang yang dituju tanpa bisa diketahui oleh pihak lain yang tidak diinginkan. Penerapan *watermarking* sebagai media komunikasi lebih dikenal sebagai data *hiding*.

2.2.6 Klasifikasi *Watermarking*

Klasifikasi teknik *watermarking digital* pada saat ini cukup banyak. Ada beberapa teknik *watermarking* berdasarkan domain kerjanya, yaitu (Hakim, 2012):

a. *Spatial Domain Watermarking*

Teknik ini bekerja dengan cara menyisipkan *watermark* secara langsung ke dalam domain spasial dari suatu citra. Istilah domain spasial sendiri mengacu pada piksel-piksel penyusun sebuah citra. Teknik *watermarking* jenis ini beroperasi secara langsung dari piksel-piksel tersebut. Beberapa contoh teknik yang bekerja pada domain spasial adalah teknik penyisipan pada *Least Significant Bit (LSB)*, metode *patchwork*, teknik *adaptive spatial-domain watermarking*.

b. *Transform Domain Watermarking*

Pada *transform 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)*.

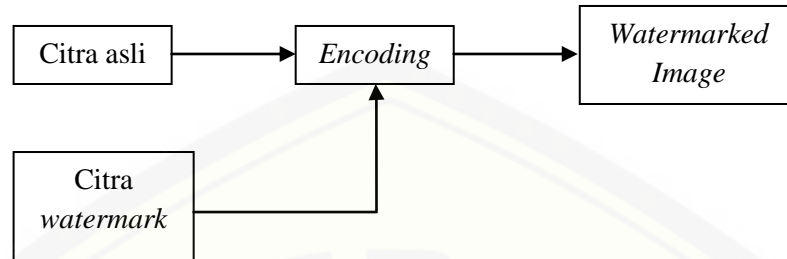
c. *Hybrid Techniques Watermarking*

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

2.2.7 *Digital Image Watermarking*

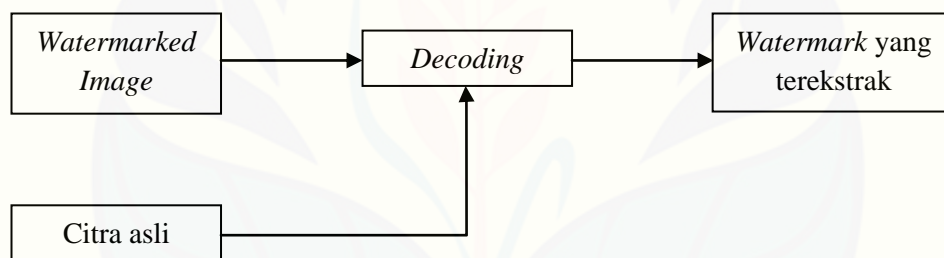
Dikembangkannya teknik penyembunyian data pada citra *digital* didorong oleh kebutuhan terhadap perlindungan kepemilikan hak cipta citra digital. Pada *watermarking* proses penyisipan *watermark* ke dalam citra *host* atau citra *digital* disebut *encoding*. *Encoding* menerima masukan citra *watermark*, setelah proses *encoding* didapatkanlah citra yang sudah diberi *watermark*. Perbedaan antara citra asli dan citra *watermarked* hampir tidak dapat terlihat oleh mata telanjang.

Gambar 2.6 adalah suatu blok diagram proses penyisipan *watermark* pada citra *digital*.



Gambar 2.6 Proses penyisipan *watermark*

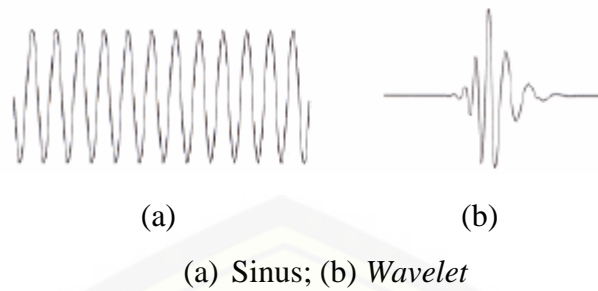
Pada proses *watermarking*, selain *encoding* juga terdapat istilah *decoding*. *Decoding* merupakan proses ekstraksi dari citra yang diberi *watermark* yang bertujuan untuk mendapatkan kembali citra asli dan citra *watermark* yang disisipkan.



Gambar 2.7 Proses ekstraksi *watermark*

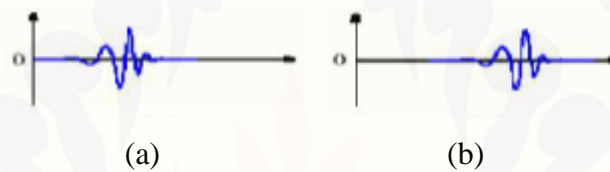
2.3 Wavelet

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik. Sedangkan *wavelet* merupakan gelombang yang dibatasi atau terokalisasi atau dapat dikatakan sebagai gelombang pendek. *Wavelet* ini mengkonsentrasikan energinya dalam ruang dan waktu sehingga cocok untuk menganalisis sinyal yang sifatnya sementara saja. Karakteristik dari *wavelet* antara lain adalah berisolasi singkat, translasi (pergeseran), dan dilatasi (skala) (Mahjud, 2010).



Gambar 2.8 Perbedaan gelombang sinus dan wavelet

Secara sederhana, translasi pada *wavelet* bermaksud untuk menggeser permulaan dari sebuah *wavelet*. Secara matematis, pergeseran sebuah fungsi $f(t)$ dengan k direpresentasikan dengan $f(t-k)$ (Mahjud, 2010):



Gambar 2.9 Translasi pada wavelet

Skala (dilatasi) dalam sebuah *wavelet* berarti pelebaran atau penyempitan *wavelet*. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.10 Perubahan skala pada wavelet

Tahap pertama analisis *wavelet* adalah menentukan tipe *wavelet*, yang disebut dengan *mother wavelet* yang akan digunakan. Hal ini perlu dilakukan karena fungsi *wavelet* sangat bervariasi dan dikelompokkan berdasarkan fungsi dasar masing-masing (Mahjud, 2010). Setelah pemilihan *mother wavelet*, tahap selanjutnya adalah membentuk basis *wavelet* yang akan digunakan untuk

mentransformasikan sinyal. Suatu basis dapat dibentuk dengan mengubah nilai dilatasi dan translasi dari *mother wavelet*. Upaya untuk merepresentasikan suatu sinyal dengan menggunakan basis *wavelet* ini disebut transformasi *wavelet*, dalam perhitungan koefisien yaitu konvolusi dari sinyal dengan salah satu tipe fungsi *wavelet*. Operasi terhadap suatu sinyal hanya dapat dilakukan dengan menggunakan koefisien-koefisien *wavelet* yang berhubungan (ITB, 2004).

2.3.1 Discrete Wavelet Transform (DWT)

Transformasi *wavelet* adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis untuk didapatkan informasi spektrum frekuensinya dan waktunya secara bersamaan. Salah satu seri pengembangan transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)*.

Dasar dari DWT dimulai pada tahun 1976 dimana teknik untuk mendekomposisi sinyal waktu diskrit ditemukan. Di dalam CWT, sinyal dianalisis menggunakan seperangkat fungsi dasar yang saling berhubungan 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 melewati sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi 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)*.

Berdasarkan fungsi *mother wavelet*, bahwa fungsi *wavelet* penganalisa untuk transformasi *wavelet* diskrit dapat didefinisikan dalam persamaan

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \Psi(x) dx = 0 \quad (2.1)$$

Berdasarkan persamaan tersebut, representasi fungsi sinyal $f(t) \in L^2(\mathbb{R})$ dalam domain *wavelet* diskrit didefinisikan sebagai (Semarajana, 2007) :

$$f(t) = \sum_{j,k} a_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (2.2)$$

$a_{j,k}$ ini merupakan *discrete wavelet transform* dari fungsi $f(t)$ yang dibentuk oleh *inner product* antara fungsi *wavelet* induk dengan $f(t)$:

$$a_{j,k} = \langle \psi_{j,k}, f(t) \rangle \quad (2.3)$$

sehingga $f(t)$ disebut sebagai *inverse discrete wavelet transform* dapat dinyatakan dengan :

$$f(t) = \sum_{j,k} \langle \psi_{j,k}, f(t) \rangle \psi_{j,k}(t) \quad (2.4)$$

Namun dalam beberapa aplikasi, kita tidak pernah harus berhubungan secara langsung dengan fungsi penskalaan atau *wavelet*. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, bahwa pada DWT suatu resolusi sinyal dapat diubah dengan menggunakan teknik filtering. Jadi, 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* dimana *highpass 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* (Alfatwa, 2009). Karena bersifat multiresolusi, maka model *wavelet* dapat dengan mudah digeneralisasi ke ukuran dimensi lain dimana $n > 0$. Pada umumnya, suatu sinyal suara ditransformasikan dengan transformasi *wavelet* diskrit satu dimensi (1D-DWT), sedangkan pengolahan citra dua dimensi, menuntut model *wavelet* juga diturunkan dalam bentuk dua dimensi (2D-DWT), sehingga dapat diimplementasikan untuk memproses citra *digital*.

a. *Forward Wavelet Discrete Transform (FDWT)*

FDWT secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut, dimana komponennya dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Proses dekomposisi dimulai dengan melewati sinyal asal melewati *highpass filter* dan *lowpass filter* dan melakukan *downsampling* pada keluaran masing-masing filter. *Highpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan *lowpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi rendah (Tyas, 2011).

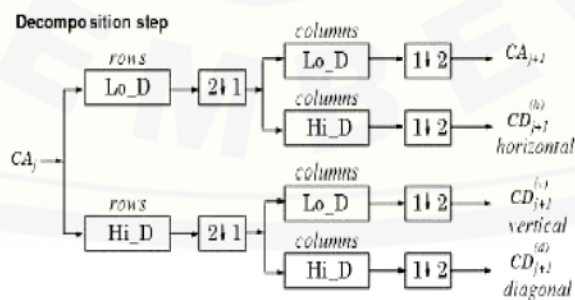
Proses dekomposisi ini dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat ditulis dengan ekspresi matematika pada persamaan (2.5) dan (2.6) :

$$y_{tinggi}[k] = \sum_n x[n]h[2k - n] \tag{2.5}$$

$$y_{rendah}[k] = \sum_n x[n]g[2k - n] \tag{2.6}$$

$y_{tinggi}[k]$ 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*. Pada proses *downsampling* maka akan terjadi penurunan *sampling rate* karena beberapa komponen (sampel) sinyal dihilangkan. Jumlah sampel pada keluaran *downsampling* adalah sebagian dari jumlah sampel masukannya.

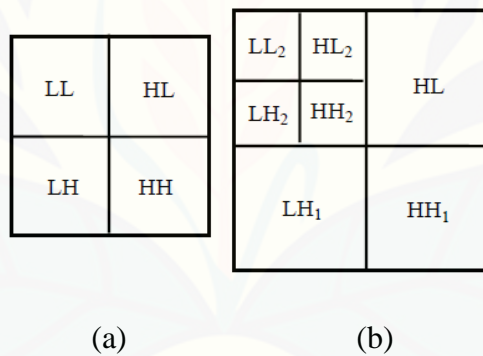
Pada proses dekomposisi data citra, dimulai dengan melakukan dekomposisi terhadap baris dari data citra yang diikuti dengan operasi dekomposisi terhadap kolom pada koefisien citra keluaran dari tahap pertama. Cara kerja dekomposisi dengan FDWT dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.11 Proses dekomposisi FDWT level 1

Citra diinterpretasikan sebagai sinyal yang mengandung komponen DC (frekuensi rendah) dan komponen AC (frekuensi tinggi) didekomposisi menggunakan Lo_D (*Lowpass Filter Decomposition*) dan Hi_D (*Highpass Filter Decomposition*) terhadap baris, sehingga komponen frekuensi rendah dan komponen frekuensi tinggi terpisah, kemudian dilakukan *downsampling* dua terhadap kolom dengan *lowpass filter* dan *highpass filter*, tentunya filter yang digunakan disini mempunyai frekuensi *cut off* yang berbeda dari filter sebelumnya. Keluarannya berupa sinyal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Kedua proses tersebut dilakukan sebanyak dua kali, terhadap baris dan terhadap kolom sehingga diperoleh empat *subband* keluaran yang terdiri dari :

- 1) Satu *subband* yang berisi koefisien aproksimasi yang mengandung informasi *background*,
- 2) Tiga *subband* yang berisis koefisien detail, yaitu : *detail horizontal*, *detail vertical*, dan *detail diagonal* yang mengandung informasi tepian.



(a) Dekomposisi level 1; (b) Dekomposisi level 2

Gambar 2.12 *Subband* hasil *Forward DWT*

dimana :

- 1) *Subband* LL atau disebut juga Koefisien Aproksimasi (CA_{j+1})
- 2) *Subband* LH atau disebut juga Koefisien Detail Horizontal ($CD(h)_{j+1}$)
- 3) *Subband* HL atau disebut juga Koefisien Detail Vertikal ($CD(v)_{j+1}$)
- 4) *Subband* HH atau disebut juga Koefisien Detail Diagonal ($CD(d)_{j+1}$)

Bila citra asli f dengan $M \times N$ *pixel* didekomposisi menjadi empat *subband* sesuai frekuensinya yakni LL, LH, HL, dan HH dengan menggunakan

transformasi *wavelet* dengan filter *Haar* (*Daubechies* orde 1), secara matematis dihasilkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$l_{(x,y)} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 f(2x+i, 2y+j) \quad (2.7)$$

$$lh_{(x,y)} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 f(2x+i, 2y) - \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 f(2x+i, 2y+1) \quad (2.8)$$

$$hl_{(x,y)} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 f(2x, 2y+i) - \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 f(2x+1, 2y+i) \quad (2.9)$$

$$hh_{(x,y)} = \frac{1}{4} \sum_{i=0}^1 \{f(2x, 2y) + f(2x+1, 2y+1) - f(2x, 2y+i)\} \quad (2.10)$$

dimana :

- 1) $0 \leq x < M/2$, $0 \leq y < N/2$ dan $f(x, y)$ merupakan nilai piksel pada koordinat (x,y) pada citra f .
- 2) $l_{(x,y)}$, $lh_{(x,y)}$, $hl_{(x,y)}$, dan $hh_{(x,y)}$ secara berturut-turut adalah komponen pada koordinat (x,y) dari LL, LH, HL, dan HH.
- 3) LL merupakan setengah dari resolusi citra asli, LH merupakan *subband* detail horisontal, HL merupakan *subband* detail vertikal, dan HH merupakan *subband* detail diagonal.

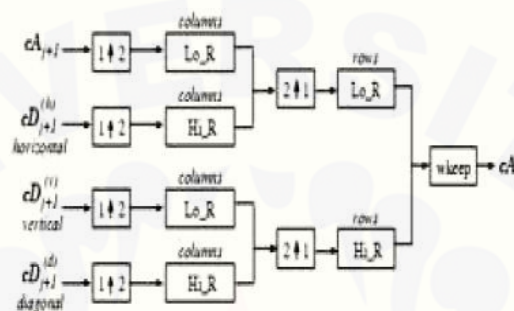
b. *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT)

Proses kerja IDWT merupakan kebalikan dari proses kerja FDWT. Pada tahap ini dilakukan proses rekonstruksi dengan arah berlawanan dari proses sebelumnya. Untuk mendapatkan hasil rekonstruksi setelah didekomposisi maka langkah awal proses rekonstruksi diawali dengan menggabungkan koefisien DWT dari yang berada pada akhir dekomposisi dengan sebelumnya melakukan proses *upsampling* 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 sebagai berikut (ITB, 2004) :

$$x[n] = \sum_k (y_{tinggi}[k]h[-n + 2k] + y_{rendah}[k]g[-n + 2k]) \quad (2.11)$$

Proses kerja dari *Inverse DWT* seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.13 Proses rekonstruksi IDWT level 1

Berkat operasi *sub-sampling* yang menghilangkan informasi sinyal yang berlebihan, maka transformasi *wavelet* telah menjadi salah satu metode transformasi citra yang paling handal saat ini (Mahjud, 2010).

2.4 Kompresi Citra

Pada umumnya, representasi citra *digital* membutuhkan memori yang besar untuk merepresentasikannya. Semakin besar pula ukuran citra tentu semakin besar pula memori yang dibutuhkannya (Mahjud, 2010). Kompresi citra didefinisikan sebagai pengurangan jumlah data yang digunakan untuk mewakili sebuah citra dengan mengurangi data yang berlebihan, sehingga citra dapat disimpan atau ditransmisikan dengan lebih efisien. Kompresi citra mengurangi kapasitas *bytes* citra tersebut tanpa mengurangi kualitas citra. Pengurangan pada ukuran citra memungkinkan lebih banyak citra yang bisa disimpan pada memori. Hal ini juga mengurangi waktu yang dibutuhkan citra untuk ditransmisikan melalui media internet atau *download* dari *web* (Singh dan Gahlawat, 2013).

Saat ini, kebanyakan aplikasi menginginkan representasi citra dengan kebutuhan memori sesedikit mungkin. Prinsip umum yang digunakan pada proses kompresi citra adalah mengurangi duplikasi data dalam citra sehingga memori yang dibutuhkan untuk merepresentasikan citra menjadi lebih sedikit daripada representasi citra semula. Perbandingan antara ukuran *file* citra sebelum dan sesudah kompresi disebut *Compression Ratio* (CR), yang dirumuskan sebagai berikut :

$$CR(\%) = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (2.12)$$

dimana :

CR = Rasio Kompresi (%)

a = Ukuran *file* citra sesudah kompresi

b = Ukuran *file* citra sebelum kompresi

Kebalikan dari proses kompresi disebut dengan dekompresi yang diaplikasikan untuk merekonstruksi citra yang terkompresi. Keobjektifan kompresi yaitu untuk mengurangi jumlah bit citra sebanyak mungkin, dengan menjaga resolusi dan kualitas visual dari citra rekonstruksi seperti citra aslinya.

2.4.1 Teknik Kompresi Citra

Teknik kompresi citra diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan bisa tidaknya citra tersebut direkonstruksi kembali setelah dikompresi.

a. Kompresi *Lossless*

Kompresi *lossless* merupakan teknik kompresi yang tidak menghilangkan bagian data pada saat proses kompresi. Kompresi *lossless* membentuk data ke dalam ukuran yang lebih kecil dengan menggunakan kode tertentu untuk menandai redundansi data. Jika ukuran *file* asli 1,5 MB, kompresi *lossless* mampu mengurangi sampai dengan setengah dari ukuran *file* tersebut, tergantung dari jenis *file* yang dikompresi. Hal ini membuat kompresi *lossless* lebih mudah untuk *transfer file* di internet. Kompresi *lossless* juga lebih berguna untuk menyimpan *file* karena tidak membutuhkan penyimpanan yang besar. Contoh program yang menggunakan kompresi *lossless* yaitu program *zip* dan citra GIF.

Kompresi *lossless* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya yaitu *file* terkompresi akan didekompresi mendekati *file* aslinya. Kekurangannya yaitu rasio kompresi tidak terlalu tinggi, tentunya karena tidak ada data yang hilang (Singh dan Gahlawat, 2013). Beberapa teknik yang digunakan dalam kompresi *lossless* adalah sebagai berikut :

1. *Run Length Encoding*
2. *Huffman Coding*
3. *LZW Coding*
4. *Area Coding*

b. Kompresi *Lossy*

Kompresi *lossy* merupakan teknik kompresi yang tidak merekonstruksi data 100% ke aslinya. Metode *lossy* menghasilkan derajat kompresi yang tinggi dan menghasilkan data terkompresi yang kecil, tetapi ada beberapa data yang hilang ketika data tersebut direkonstruksi. Skema *lossy* cenderung memberikan rasio kompresi yang jauh lebih tinggi dibandingkan skema *lossless*. Skema *lossy* banyak digunakan karena kualitas gambar rekonstruksi memadai untuk kebanyakan aplikasi. Dengan skema ini, data yang didekompresi tidak identik dengan data aslinya tetapi mendekati itu (Singh dan Gahlawat, 2013). Beberapa teknik yang digunakan pada kompresi *lossy* adalah sebagai berikut (Mahjud, 2010) :

1. *Subsampling*

Subsampling merupakan metode kompresi dengan mengurangi jumlah piksel yang diperlukan untuk merepresentasikan suatu citra. *Subsampling* dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

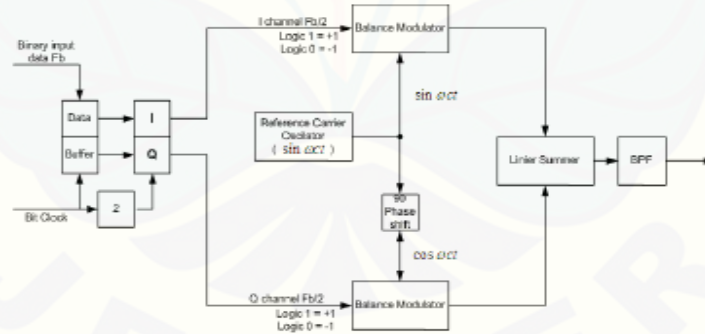
- a. Mengambil piksel-piksel tertentu dari citra, misalnya piksel-piksel pada baris dan kolom saja.
- b. Mengambil rata-rata dari kelompok piksel dan menggunakan nilai tersebut sebagai pengganti nilai kelompok piksel ini. Cara ini lebih kompleks, tetapi menghasilkan kualitas yang lebih baik.

2. Transformation Coding

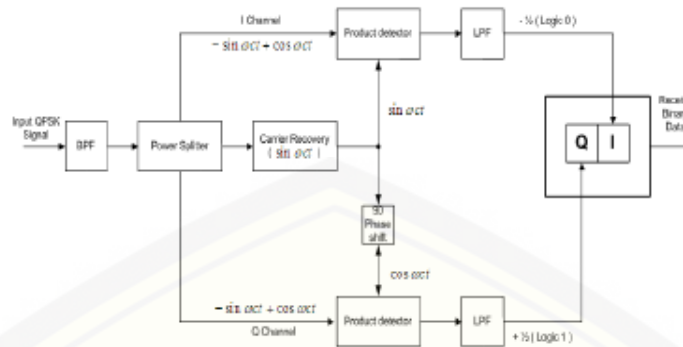
Transformation coding merupakan transformasi data dari *domain* ruang ke *domain* frekuensi. Cara ini menghasilkan data yang lebih mudah diproses untuk kompresi lebih lanjut. Transformasi yang populer digunakan antara lain *Discrete Cosine Transform* (DCT) yang diadopsi dalam standar kompresi JPEG dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) yang digunakan dalam kompresi JPEG 2000.

2.5 Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Pada modulasi *Quadrature Phase Shift Keying* (QPSK), sebuah sinyal pembawa sinusoidal diubah-ubah fasenya dengan menjaga tetap konstan amplitudo dan frekuensinya. Dalam QPSK ada empat fase keluaran yang berbeda, maka harus ada empat kondisi masukan yang berbeda. Karena masukan *digital* ke modulator QPSK adalah sinyal biner, maka untuk menghasilkan empat kondisi masukan yang berbeda harus dipakai bit masukan lebih dari satu bit tunggal. Menggunakan dua bit, ada empat kondisi yang mungkin yaitu : 00, 01, 10, dan 11. Gambar di bawah ini merupakan blok diagram pemancar dan penerima QPSK (Sa'iyanti dan Pratiarso, Tanpa Tahun).



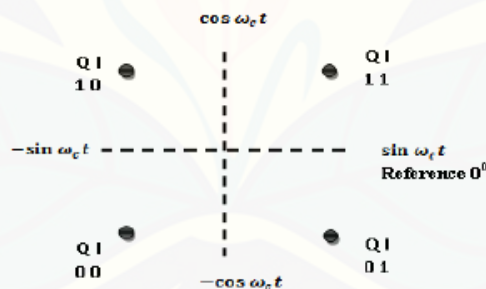
Gambar 2.14 Pemancar QPSK



Gambar 2.15 Penerima QPSK

2.5.1 Diagram konstelasi QPSK

Pada diagram konstelasi dari QPSK terdapat empat titik dimana satu titik mewakili dua bit data yaitu (0 0), (0 1), (1 0), dan (1 1). Untuk bit (0 0) mempunyai sudut *phase* -135° , bit (0 1) mempunyai sudut *phase* -45° . Untuk bit (1 0) mempunyai *phase* $+135^\circ$, sedangkan untuk bit (1 1) mempunyai *phase* $+45^\circ$. Diagram konstelasi dari modulasi *digital* QPSK adalah sebagai berikut (Sa'iyanti dan Pratiarso, Tanpa Tahun) :



Gambar 2.16 Diagram konstelasi QPSK

2.6 Parameter Kualitas Citra

Metode yang digunakan pada penelitian terhadap transmisi dari citra *watermarking* ini memiliki kelebihan dan kekurangan dalam hal kualitas gambar yang dihasilkan. Berikut merupakan beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas citra baik secara obyektif maupun subyektif :

2.6.1 Parameter Obyektif

Parameter yang digunakan sebagai kriteria pengujian adalah :

a. Mean Square Error (MSE)

Dalam statistik, MSE sebuah estimator adalah nilai yang diharapkan dari kuadrat *error*. *Error* yang ada menunjukkan seberapa besar perbedaan hasil estimasi dengan nilai yang akan diestimasi. Perbedaan itu terjadi karena adanya keacakan pada data atau karena estimator tidak mengandung informasi yang dapat menghasilkan estimasi yang lebih akurat (Rady, 2011). Berikut perhitungan MSE untuk citra *grayscale* ditunjukkan dalam rumus 2.13 dan untuk citra RGB dalam rumus 2.14.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x,y) - I'(x,y)]^2 \quad (2.13)$$

$$MSE = \frac{1}{3MN} \sum_{i=1}^3 \sum_{y=1}^M \sum_{x=1}^N [I(x,y)_i - I'(x,y)_i]^2 \quad (2.14)$$

dimana :

M = Baris atau tinggi citra

N = Kolom atau lebar citra

$g(x,y)$ = Sampel sinyal citra asli

$f(x,y)$ = Sampel sinyal citra rekonstruksi

i = indeks matriks (*Red* = 1, *Green* = 2, dan *blue* = 3).

b. Peak Signal-to-Noise Ratio

PSNR merupakan perbandingan antara kualitas citra hasil rekonstruksi dengan citra asal. Semakin besar nilai PSNR, semakin baik juga kualitas sinyal yang dihasilkan. PSNR dinyatakan dalam *decibel* (dB), yaitu satuan logaritmik basis 10 yang perhitungannya ditunjukkan dalam rumus (2.15). Idealnya nilai PSNR adalah tak hingga yaitu ketika tidak terdapat *noise* sama sekali, sehingga diperlukan tabel nilai PSNR untuk memberikan standar nilai PSNR yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2.15)$$

Ukuran kualitas citra disajikan dalam tabel berikut (Tyas, 2011) :

Tabel 2.1 Nilai PSNR

PSNR (dB)	Kualitas Citra
60	Istimewa (<i>excellent</i>)
50	Bagus (<i>good</i>)
40	Layak (<i>reasonable</i>)
30	Cukup (<i>poor</i>)
20	Tidak dapat dipakai (<i>unusable</i>)

2.6.2 Parameter Subyektif

Untuk pengukuran subyektif, kriteria ditentukan berdasarkan pengamatan mata manusia, sehingga kualitas subyektif tergantung kepada persepsi visual pengamat. Pengujian citra secara subyektif umumnya dilakukan dengan mengukur MOS (*Mean Opinion Square*) berdasarkan kriteria berikut (ITB, 2004) :

- a. *Unusable*, citra yang diamati memiliki kualitas yang sangat rendah, sehingga tidak dapat dilihat lagi.
- b. *Marginal*, citra yang diamati memiliki kualitas yang rendah, sehingga diinginkan dapat diperbaiki dan interferensi terasa cukup mengganggu.
- c. *Passable*, citra yang diamati memiliki kualitas yang cukup tinggi, dimana interferensi terasa agak mengganggu.
- d. *Fine*, citra yang diamati memiliki kualitas tinggi, enak dilihat, dimana interferensi belum terasa mengganggu.
- e. *Excellent*, citra yang diamati memiliki kualitas yang sangat tinggi, sebaik-baiknya kualitas sebagaimana yang diinginkan.

2.7 MATLAB

Matlab merupakan salah satu bahasa pemrograman dengan unjuk kinerja tinggi (*high-performance*) untuk komputasi teknis, yang mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman di dalam lingkungan yang mudah

penggunaannya dalam memecahkan persoalan dengan solusinya yang dinyatakan dengan notasi matematika (Hakim, 2012). Penggunaan MATLAB, yaitu :

- a. Matematika dan komputasi.
- b. Pengembangan algoritma.
- c. Analisa data, eksplorasi dan visualisasi.
- d. Grafik untuk sains dan teknik.
- e. Pengembangan aplikasi, termasuk pembuatan antarmuka grafis untuk pengguna (*Graphical User interface*).

Nama MATLAB sebenarnya diambil dari dua buah istilah pokok yaitu *matrix laboratory*. MATLAB yang semula ditujukan untuk memudahkan kalkulasi pada matriks, oleh pengembangnya, yaitu LINPACK dan EISPACK, kemudian berkembang menjadi sistem yang kompleks dengan banyak variasi dan banyak bidang ilmu yang dibuat program-program dasarnya. Pada saat sekarang MATLAB merupakan hasil kolaborasi dari dua perusahaan yaitu LAPACK and BLAS, dengan tetap matriks sebagai salah satu komponen utama dalam komputasinya (Sujanarko dan Wijayanto, 2012).

2.7.1 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. 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 :

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

2.7.2 Aplikasi M-file

Pada saat membuat 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* 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*.

2.7.3 Aplikasi Simulink

Simulink adalah suatu sistem yang khusus dirancang untuk mensimulasikan kinerja proses secara dinamik. *Simulink* mempunyai antarmuka dengan multi *window* yang berisi *icon* atau fungsi-fungsi khusus sebagai *library* misalnya *input* (*source*), *output* (*sinks*), persamaan linier, non-linier, *connection toolboxes*, dan sebagainya.

Jadi *Simulink* merupakan bagian dari MATLAB yang digunakan sebagai sarana pemodelan, simulasi, dan analisis dari sistem dinamis dengan menggunakan antarmuka grafis (GUI). Sistem bisa merupakan sistem linier dan nonlinier, dimodelkan dalam waktu kontinyu, waktu sampel, atau gabungan keduanya. Sistem juga dapat *multirate*, yaitu memiliki bagian yang berbeda dengan sampel yang dapat diperbarui pada tingkat yang berbeda.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini secara keseluruhan menggunakan metode *action research*. Metode ini dipilih karena pada tahap pertama akan dilakukan kajian (*research*) terhadap teknik *watermarking* dan teknik transmisi melalui studi literatur dari referensi yang ada. Hasil kajian ini merumuskan satu model rancangan sistem transmisi terhadap citra *watermarking* berbasis *discrete wavelet transform* (DWT) dengan modulasi *quadrature phase shift keying* (QPSK).

3.1 Tahap Penelitian

Dalam pembuatan skripsi dan penelitian ini, dibuat langkah-langkah atau prosedur penelitian sebagai berikut :

a. Studi Literatur terhadap Objek Penelitian

Dalam tahap ini menggali materi dan mencari informasi dari berbagai sumber baik jurnal maupun artikel lokal dan internasional yang menunjang penelitian ini. Kemudian literatur tersebut digunakan sebagai rujukan untuk menentukan hipotesis awal penelitian. Adapun bahan pustaka yang dibutuhkan antara lain adalah tentang segala sesuatu yang mendukung perancangan sistem *watermarking*, teknik *discrete wavelet transform* (DWT) untuk *watermarking* dan kompresi, sistem transmisi dengan modulasi QPSK, dan lain-lain.

b. Pemodelan dan Perancangan Sistem

Pemodelan sistem ini dilakukan secara simulasi dengan menggunakan *software* MATLAB sehingga diperoleh diagram blok sistem yang mampu mensimulasikan teknik *watermarking* terhadap citra *digital* dengan metode DWT dan pengujiannya menggunakan model transmisi dengan melalui modulasi QPSK.

c. Analisis Sistem

Analisis yang dilakukan adalah analisis teknik yang berguna untuk mengoptimalkan kinerja sistem yang digunakan.

d. Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir dari penelitian ini adalah pengambilan kesimpulan dari rancangan sistem yang telah dibuat, pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada hasil pengujian respon simulasi yang ada. Sementara untuk saran digunakan untuk perbaikan-perbaikan yang mungkin terjadi, kemungkinan pengembangan serta pembuatan alat dan aplikasi sebagai salah satu alternatif keamanan data dan perlindungan hak cipta.

3.2 Jadwal Penelitian

Pembuatan perangkat lunak dari sistem *digital image watermarking* dilakukan setelah pelaksanaan seminar proposal dari bulan Mei 2014 sampai dengan Desember 2014.

Tabel 3.1 Penjadwalan penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke -					
		Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	Bulan 4	Bulan 5	Bulan 6
1	Tahap Persiapan						
2	Studi Literatur						
3	Pemodelan dan Perancangan Sistem						
4	Analisis Sistem						
5	Kesimpulan dan Saran						

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah :

a. Satu unit laptop

Laptop digunakan untuk melakukan analisis hasil parameter-parameter penelitian dan penyusunan laporan.

b. *Software* MATLAB

Alasan menggunakan *software* ini karena lebih mudah dipahami dibandingkan dengan *software* lainnya. *Software* ini digunakan untuk mensimulasikan proses *watermarking* dan keandalannya.

3.4 Parameter Penelitian

Ada beberapa parameter atau penilaian yang akan digunakan dalam penelitian perancangan perangkat lunak *watermarking* ini. Parameter tersebut antara lain :

a. *Mean Square Error* (MSE)

MSE merupakan nilai rata-rata kuadrat *error* yang terjadi pada saat proses *watermarking*. Perhitungan untuk MSE didapat dari Rumus (2.13) untuk citra *grayscale* dan Rumus (2.14) untuk citra RGB. Dimana nilai M dan N merupakan ukuran citra hasil *watermarking* dan yang dibandingkan adalah citra hasil *watermarking* dengan citra asli.

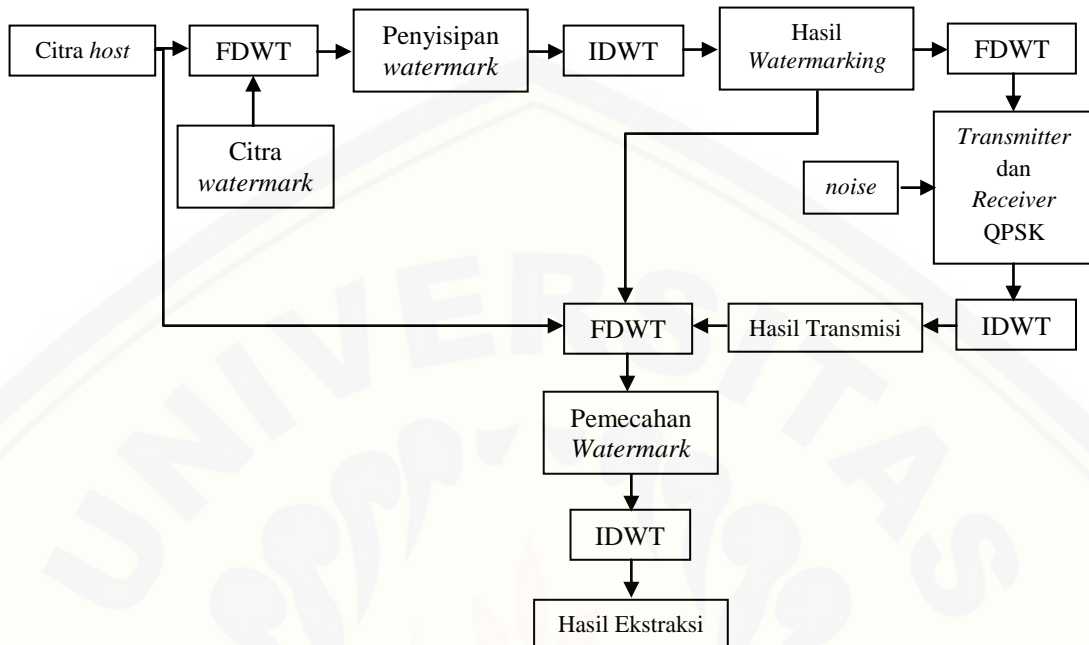
b. *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR)

PSNR merupakan pembanding antara kualitas citra hasil *watermarking* dengan citra asli. Perhitungan PSNR didapat dari rumus (2.15) dimana nilai MSE berpengaruh pada nilai PSNR yaitu sebagai pembagi. Nilai PSNR yang digunakan sebagai standar ditunjukkan pada Tabel 2.1.

c. *Mean Opinion Score* (MOS)

MOS merupakan rata-rata penilaian yang berdasarkan penilaian subyektif. Penilaian subyektif ini didapat dari penilaian kualitas citra berdasarkan persepsi visual manusia sebagai pengamat. Kualitas objektif dari suatu citra dapat dievaluasi dengan memperlihatkan citra tersebut pada sejumlah pengamat, kemudian mengambil rata-rata dari evaluasi mereka. Penilaian subyektif ini digunakan sebagai autentifikasi dari citra hasil *watermarking*.

3.5 Konfigurasi Sistem



Gambar 3.1 Konfigurasi sistem *watermarking* dengan transmisi QPSK

3.5.1 Proses *Watermarking*

Pada tahapan penyisipan (*embedding*) *watermark* menggunakan *discrete wavelet transform* (DWT), *citra host* ditransformasikan ke dalam koefisien-koefisien aproksimasi LL, dan koefisien detil LH, HL, dan HH. Begitu pula pada *citra watermark* dilakukan proses transformasi dengan menggunakan DWT. Setelah itu *citra watermark* akan dilakukan proses penyisipan ke dalam koefisien pada *citra host* dan pada proses selanjutnya untuk mendapatkan *citra hasil watermark* dilakukan proses rekonstruksi citra menggunakan *inverse DWT* (IDWT). Berikut adalah algoritma pengerjaan dari proses *embedding watermark*, yaitu :

a. Pemilihan *citra host*

Pemilihan *citra host* yang digunakan pada proses ini dapat berupa *citra true color* (RGB) atau *grayscale* (keabuan). Pada penelitian ini menggunakan kedua format citra tersebut yang kemudian diproses pada tahap selanjutnya. Berikut adalah contoh *citra host* yang akan digunakan.



(a)



(b)

(a) Citra format RGB; (b) Citra *grayscale*

Gambar 3.2 Citra *host* dengan format yang digunakan

b. Pemilihan citra *watermark*

Pemilihan citra *watermark* resolusinya harus lebih kecil dibandingkan dengan resolusi citra *host*. Semakin kecil ukuran citra *watermark* yang disisipkan, maka semakin baik citra yang dihasilkan dari proses *embedding* dan ekstraksi. Citra *watermark* yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan format RGB dan *grayscale*. Berikut merupakan contoh citra *watermark* yang akan digunakan.



(a)



(b)

(a) Citra format RGB; (b) Citra *grayscale*

Gambar 3.3 Citra *watermark* dengan format yang digunakan

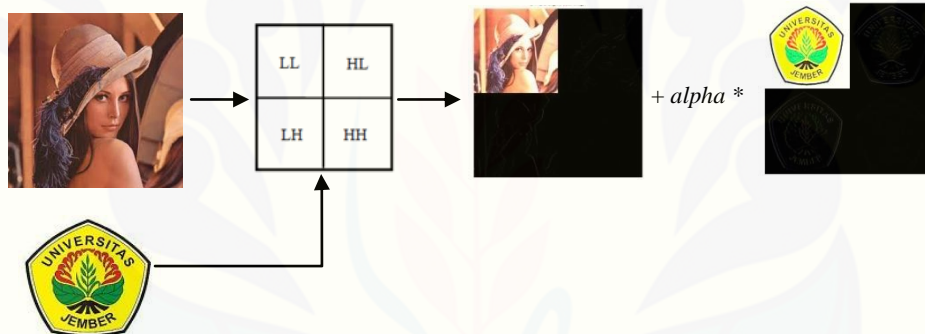
c. Menyisipkan citra *watermark* ke dalam citra *host*

Setelah citra *host* dan citra *watermark* dipilih langkah berikutnya yaitu mendekomposisi citra tersebut menggunakan DWT dan untuk filter keluarga *wavelet* yang digunakan dapat ditentukan sesuai pilihan dan pada penelitian ini menggunakan *daubechies* (db1).

Setelah citra *host* dan citra *watermark* di dekomposisikan dengan DWT, maka tahap selanjutnya adalah menyisipkan citra *watermark* ke dalam citra *host*. Pemilihan citra koefisien aproksimasi dari citra *host* dan citra *watermark* berfungsi untuk digunakan dalam proses penyisipan. Pada proses penyisipan,

koefisien aproksimasi citra *host* ditambahkan dengan koefisien citra *watermark* yang dikalikan dengan *alpha* sebagai koefisien pencampur. Diasumsikan algoritma proses dekomposisi citra dan penyisipan *watermark* ke dalam citra *host* pada penelitian ini dituliskan sebagai berikut

```
[LL,LH,HL,HH] = dwt2(host,'dbl'); % dekomposisi host
[L_L,L_H,H_L,H_H] = dwt2(wtr,'dbl'); % dekomposisi watermark
Watermarkedimage=LL+(alpha*L_L);
% dimana Watermarkedimage adalah koefisien aproksimasi baru
% dari citra host
% LL adalah koefisien aproksimasi citra host
% alpha adalah koefisien pencampur
% L_L adalah koefisien aproksimasi citra watermark
```



Gambar 3.4 Proses penyisipan *watermark*

3.5.2 Proses Transmisi

Proses ini dilakukan setelah proses pembentukan (*embedding*) citra *watermarking*, dimana pada tahap ini citra hasil *watermarking* akan diuji tingkat kehandalannya. Proses transmisi ini digunakan untuk melihat apakah citra *watermarking* (logo) masih dapat terbaca atau tidak setelah mengalami beberapa proses pengolahan citra. Citra hasil *watermarking* akan didekomposisikan dengan DWT yang kemudian akan ditransmisikan dengan kanal *wireless* melalui modulasi QPSK, dimana pada saat proses transmisi berlangsung citra hasil *watermarking* akan ditambahkan dengan *noise* sehingga citra *output* dipengaruhi oleh *noise*. Berikut adalah algoritma pengerjaan simulasi transmisi citra hasil *watermarking*.

a. Pilih citra hasil *watermarking*

Tahap ini dilakukan untuk menentukan citra hasil *watermarking* yang akan ditransmisikan melalui modulasi QPSK.

b. Dekomposisi citra

Sama halnya dengan proses *watermarking*, pada proses transmisi citra yang dipilih akan mengalami proses dekomposisi dengan DWT sebagai tahap kompresi citra. Proses dekomposisi yang terjadi sama dengan pada proses *watermarking* yang ditunjukkan pada gambar 3.4.

c. Transmisi dengan modulasi QPSK

Setelah mengalami proses dekomposisi, maka citra tersebut akan diproses pada modulator QPSK yang akan ditransmisikan. Pada saat proses transmisi citra akan ditambah *noise* untuk mengurangi kualitas citra sebelum proses demodulasi. Setelah citra diterima maka proses selanjutnya yaitu melakukan demodulasi terhadap citra tersebut untuk mendapatkan koefisien DWT tadi.

d. Rekonstruksi citra

Setelah koefisien citra didemodulasi, berikutnya yaitu merekonstruksi kembali koefisien-koefisien citra untuk menjadi citra utuh yang sudah terpengaruh oleh *noise*.

3.5.3 Proses Ekstraksi Citra Hasil *Watermarking*

Setelah mendapatkan citra hasil *watermarking* dan citra hasil transmisi, proses selanjutnya adalah proses pengestrakan *watermark*. Proses ini berfungsi untuk mendapatkan kembali citra *watermark* dari citra hasil *embedding*. Algoritma yang digunakan pada proses ekstraksi sama dengan proses *embedding watermark*. Citra yang ditransformasikan ke koefisien-koefisien aproksimasi yaitu citra hasil *embedding* dan citra *hostnya (host)*. Berikut adalah algoritma pengerjaan dari proses ekstraksi *watermark*, yaitu :

a. Pilih citra hasil *watermark*

Tahap ini dilakukan untuk menentukan gambar mana yang akan dilakukan ekstraksi untuk pendeteksian *watermark* yang telah disisipkan.

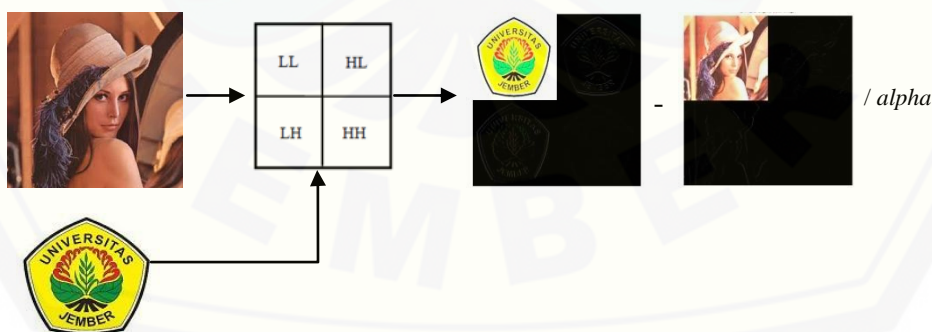
b. Pilih citra asli

Citra asli dipilih karena proses ekstraksi pada penelitian ini diperlukan citra asli dan citra hasil *watermark* untuk dapat mendeteksi citra *watermark* yang disisipkan.

c. Proses ekstraksi *watermark*

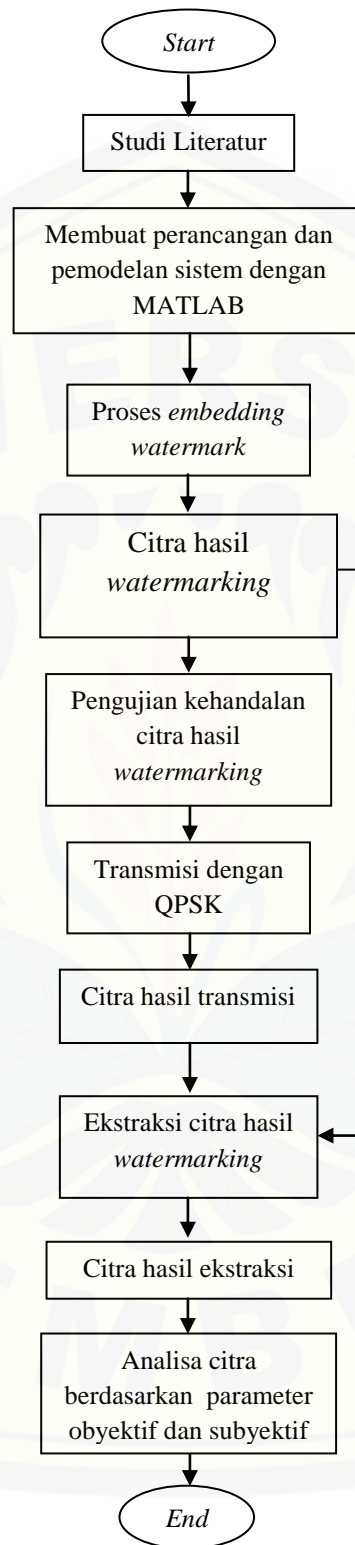
Pada proses ini sama dengan proses yang dilakukan pada penyisipan *watermark*, yaitu citra asli dan citra hasil *watermark* didekomposisi dengan menggunakan DWT. Setelah proses dekomposisi dan didapat koefisien aproksimasi dari masing-masing citra, berikutnya yaitu mencari koefisien aproksimasi hasil ekstraksi dari selisih antara koefisien citra hasil *watermark* dengan citra asli dibagi dengan *alpha*. Algoritma proses dekomposisi citra *host* dan citra asli serta proses untuk mendapatkan koefisien aproksimasi citra *watermark* dapat dituliskan sebagai berikut :

```
[a,b,c,d] = dwt2(hsl_wtr, 'db1'); % dekomposisi hasil watermark
[LL,LH,HL,HH] = dwt2(Z2, 'db1'); %dekomposisi citra asli
Extracted = ((L_L-a)/alpha);
% dimana Extracted adalah koefisien aproksimasi dari citra
watermark
L_L adalah keofisien aproksimasi dari citra asli
a adalah koefisien aproksimasi dari citra hasil
watermark
alpha adalah keofisien pencampur
```



Gambar 3.5 Proses ekstraksi *watermark*

3.6 Flowchart Penelitian

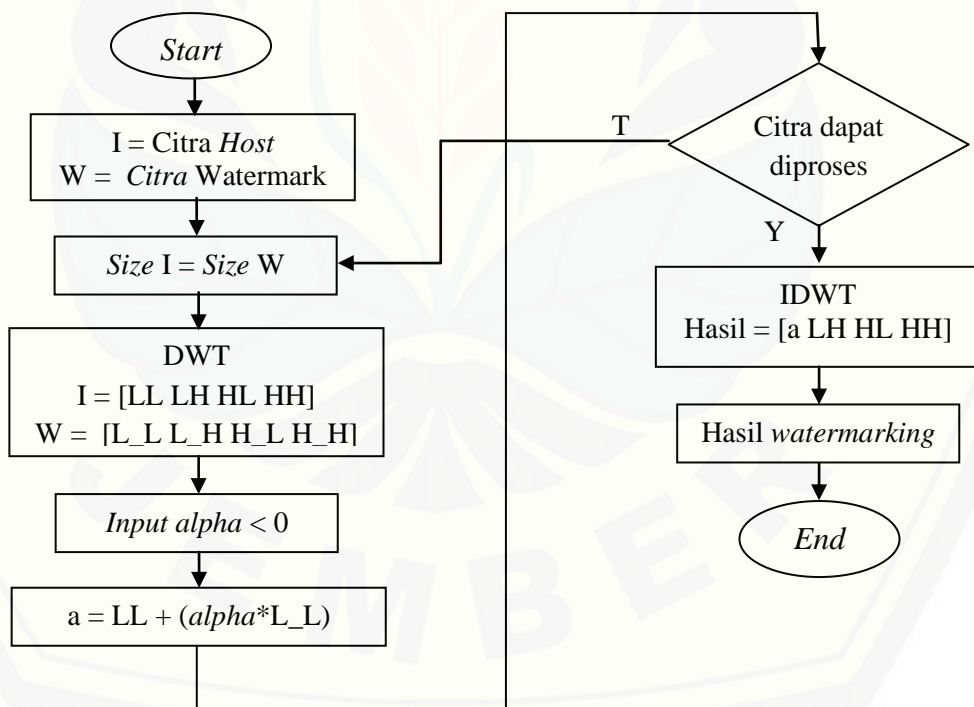


Gambar 3.6 Flowchart penelitian

Pada tahapan awal penelitian ini dilakukan studi literatur tentang permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya. Tahapan selanjutnya dilakukan perancangan model simulasi dengan menggunakan *software* MATLAB. Adapun parameter-parameter yang digunakan sebagai pengukuran kualitas citra terdiri dari parameter obyektif dan subyektif. Parameter obyektif yang digunakan yaitu penilaian MSE dan PSNR, sedangkan parameter subyektif yaitu penilaian MOS.

Nilai dari parameter-parameter tersebut akan dibandingkan dengan nilai standar yang sudah ditentukan. Setelah data terkumpul dari parameter-parameter tersebut, lalu dilakukan proses dan analisis data sesuai dengan tujuan data tersebut didapatkan. Akhirnya dari hasil analisis data tersebut bisa ditarik kesimpulan tentang kualitas citra hasil *watermarking* menggunakan metode DWT serta pengujian kehandalannya.

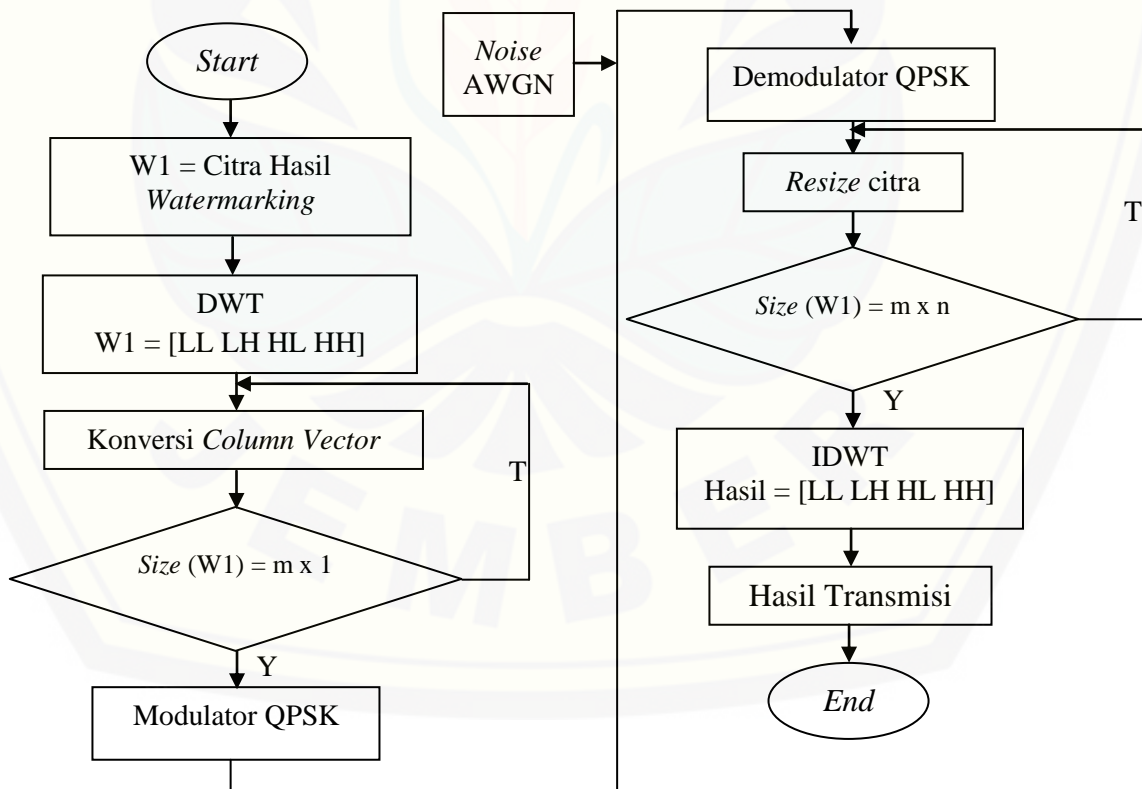
3.7 Flowchart Watermarking



Gambar 3.7 Flowchart watermarking

Dari *flowchart* tersebut dijelaskan bahwa proses *watermarking* ini dimulai dari memasukkan citra *host* dan citra *watermark* yang akan digunakan. Berikutnya yaitu menyamakan ukuran citra *host* dan citra *watermark*, hal ini dikarenakan proses *watermarking* tidak akan bisa dijalankan akibat adanya dimensi *array* yang berbeda pada masing-masing citra. Proses selanjutnya adalah dekomposisi citra dengan DWT sehingga didapatkan koefisien aproksimasi masing-masing citra. Dari koefisien aproksimasi itulah citra *watermarking* bisa terbentuk, yaitu dengan cara menambahkan koefisien aproksimasi citra *host* pada koefisien aproksimasi citra *watermark* yang sudah dikalikan dengan nilai koefisien pencampur (*alpha*). Pemrosesan terhadap koefisien aproksimasi itulah yang menghasilkan koefisien aproksimasi baru untuk citra yang sudah disisipi *watermark*. Dari koefisien baru tersebut maka perlu adanya rekonstruksi dengan koefisien detail lainnya untuk mendapatkan kembali citra yang utuh, yaitu citra hasil *watermarking*.

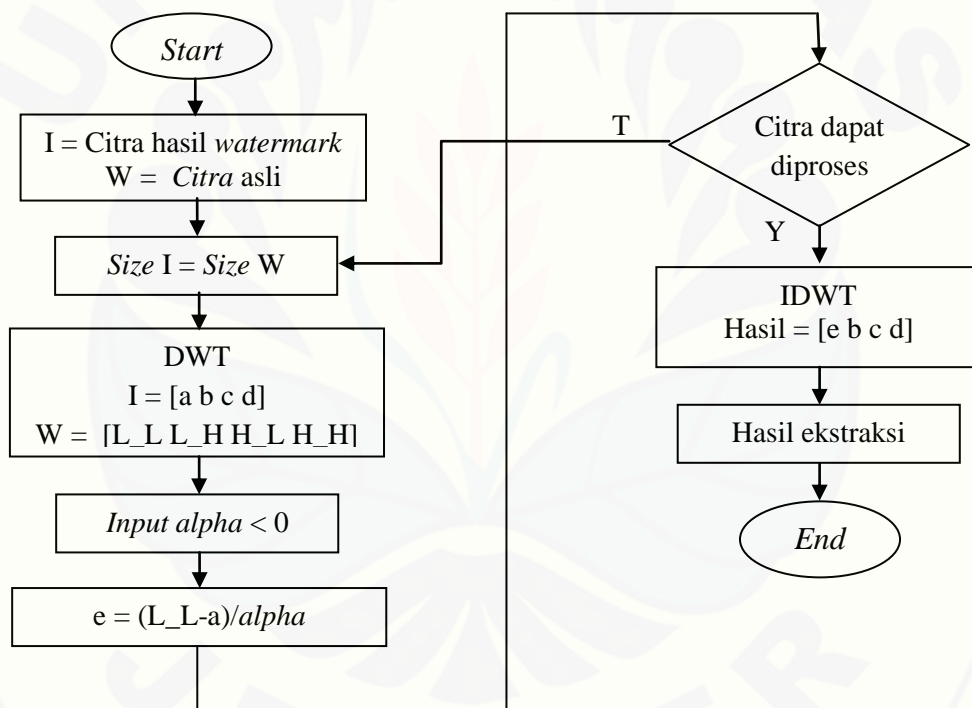
3.8 Flowchart Transmisi Citra



Gambar 3.8 Flowchart proses transmisi citra hasil *watermarking*

Flowchart di atas menjelaskan proses transmisi citra *watermarking* menggunakan modulasi QPSK. Awal dari proses ini yaitu dekomposisi citra dengan DWT dimana proses ini dimaksudkan untuk kompresi citra. Agar citra dapat diproses oleh modulator menjadi bit sinyal, maka citra harus mengalami konversi ukuran dari $M \times N$ menjadi $M \times 1$. Barulah citra bisa dimodulasikan yang selama proses transmisi citra akan diberi tambahan *noise*. Setelah diterima, citra akan didemodulasikan yang kemudian akan dikembalikan lagi ukurannya dari $M \times 1$ menjadi $M \times N$ yang selanjutnya akan direkonstruksi menggunakan IDWT untuk mendapatkan bentuk citra yang utuh dan sudah terpengaruh oleh *noise*.

3.9 Flowchart Ekstraksi



Gambar 3.9 *Flowchart* proses ekstraksi citra hasil *watermarking*

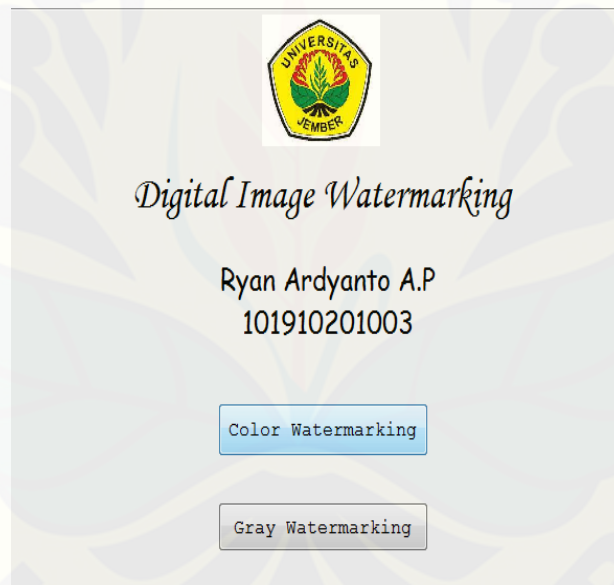
Proses ini merupakan kebalikan dari proses *watermarking* yaitu untuk mendapatkan kembali citra *watermark* yang disisipkan ke dalam citra *host*. Proses yang dialami oleh citra secara garis besar sama yaitu dari mulai dekomposisi sampai memecah berdasarkan koefisien aproksimasi yang didapat, yang kemudian merekonstruksi menjadi citra hasil ekstraksi yang utuh.

BAB 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Program Penelitian

4.1.1 Tampilan utama

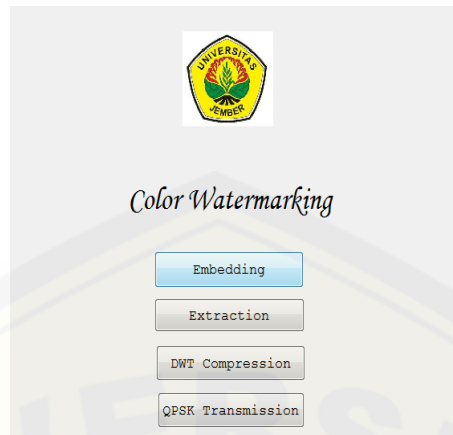
Program ini digunakan untuk melakukan proses pembentukan *watermarking*, ekstraksi *watermarking*, dan pengujian keandalannya dari pengolahan citra. Pada tampilan utama program *digital image watermarking* terdapat dua *pushbutton* yaitu *color watermarking* dan *gray watermarking*. Menu *color watermarking* berfungsi untuk memproses citra RGB, sedangkan menu *gray watermarking* digunakan untuk memproses citra *grayscale*. Berikut merupakan tampilan program yang digunakan, ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan program *watermarking*

4.1.2 Menu *color watermarking*

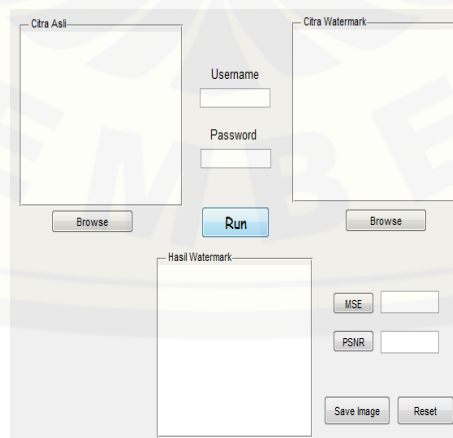
Menu *color watermarking* merupakan menu yang digunakan untuk melakukan proses pada citra RGB. Dalam menu ini terdapat empat submenu yaitu proses *embedding*, *extraction*, *DWT compress*, dan *QPSK Transmission*. Gambar 4.2 berikut menunjukkan tampilan menu *color watermarking* beserta submenu yang terdapat dalam proses *color watermarking*.



Gambar 4.2 Tampilan menu *color watermarking*

a. Menu *embedding*

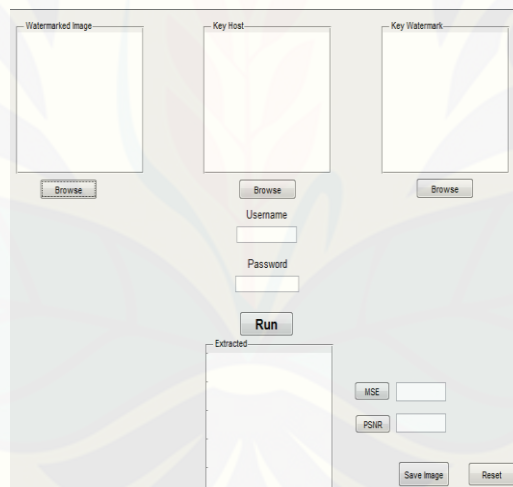
Menu *embedding* merupakan menu yang digunakan untuk membentuk citra hasil *watermarking*. Langkah-langkah untuk membentuk citra hasil *watermarking* yaitu dengan cara memasukkan citra *host* pada bagian citra asli dan citra logo pada bagian citra *watermark*. *Username* dan *password* pada proses ini digunakan untuk melindungi program dan proses pembentukan citra hasil *watermarking* tersebut. Hasil dari proses *watermarking* dengan DWT akan nampak pada bagian hasil *watermark* yang kemudian akan muncul nilai MSE dan PSNR dari citra hasil tersebut. Proses *embedding* yang terjadi pada menu ini dijelaskan pada subsubbab 3.5.1. Langkah berikutnya yaitu menyimpan program dengan tombol *save image* untuk pemrosesan citra lebih lanjut dan tombol *reset* untuk memproses citra lainnya. Berikut merupakan tampilan menu *embedding* pada *color watermarking*.



Gambar 4.3 Tampilan menu *embedding* pada *color watermarking*

b. Menu *extraction*

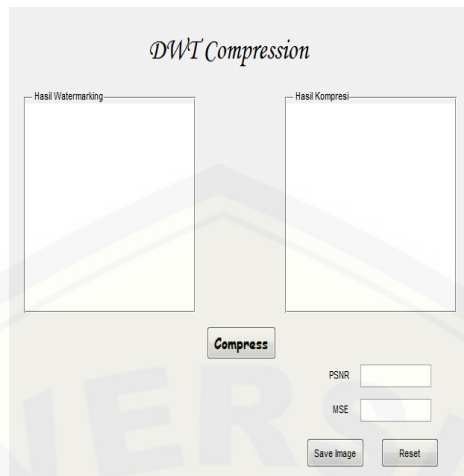
Menu *extraction* merupakan menu yang digunakan untuk mendapatkan kembali citra *watermark* yang disisipkan pada citra *host*. Langkah-langkah untuk melakukan ekstraksi yaitu dengan memasukkan citra hasil *watermarking* pada bagian *watermarked image*, memasukkan citra *host* pada bagian *key host* sebagai kunci untuk memecah citra hasil *watermarking*, dan memasukkan citra *watermark* yang disisipkan pada citra *host* sebagai pembanding. *Username* dan *password* pada proses ini digunakan untuk melindungi program dan proses pengekstrakan citra hasil *watermarking* tersebut. Proses pemanggilan citra dan ekstraksi ditunjukkan pada subsubbab 3.5.3. Hasil dari proses ekstraksi citra hasil *watermarking* akan muncul di bagian *extracted* dan juga akan diketahui nilai MSE dan PSNR dari citra ekstraksi yang didapat dari perbandingan antara citra ekstraksi dengan koefisien aproksimasi citra hasil *watermarking*. Gambar 4.4 berikut merupakan tampilan menu *extraction*.



Gambar 4.4 Tampilan menu *extraction* pada *color watermarking*

c. Menu DWT *compression*

Menu DWT *compression* ini digunakan untuk melakukan proses kompresi pada citra hasil *watermarking* dengan DWT. Kompresi ini dilakukan untuk merusak citra hasil *watermarking* agar dapat dilihat kualitas citra yang disisipkan masih layak atau tidak. Tampilan menu DWT *compression* digambarkan pada Gambar 4.5.

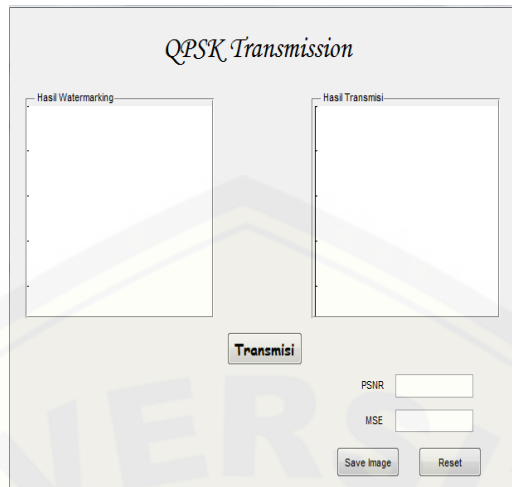


Gambar 4.5 Tampilan menu DWT *compression* pada *color watermarking*

Pada menu DWT *compression* ini menggunakan aplikasi *simulink* MATLAB. Proses *input* citra pada proses *simulink* harus dibagi berdasarkan komponen warna citra tersebut yaitu *red*, *green*, dan *blue*. Setelah itu citra akan mengalami proses dekomposisi DWT dengan level yang sudah ditentukan, kemudian citra hasil dekomposisi akan dikonversikan tipe data *double* yang kemudian direkonstruksi kembali menggunakan IDWT yang semua prosesnya terdapat dalam blok *subsystem* dan hasilnya akan tampak pada bagian hasil transmisi.

d. Menu QPSK *transmission*

Menu QPSK *transmission* ini digunakan untuk melakukan proses transmisi citra menggunakan modulasi QPSK. Pada proses transmisi ini, sebelum citra ditransmisikan citra akan mengalami proses kompresi menggunakan DWT. Pada saat proses transmisi, citra yang ditransmisikan akan diberi tambahan *noise* untuk merusak citra hasil hasil *watermarking*. Hal ini ditujukan untuk melihat kehandalan citra *watermark* apakah memiliki kualitas yang baik atau tidak setelah citra yang ditumpangi dirusak oleh *noise*. Tampilan menu QPSK *transmission* digambarkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Tampilan menu QPSK *transmission* pada *color watermarking*

Sama halnya dengan proses DWT *compression*, pada model ini citra RGB harus dibagi menjadi komponen masing-masing warna untuk diproses dengan aplikasi *simulink* yang kemudian akan didekomposisi dengan DWT pada masing-masing warna. Setelah proses dekomposisi citra akan di *encoding* untuk ditransmisikan melalui modulasi QPSK. Pada saat citra ditransmisikan, citra akan diberi *noise* AWGN yang setelah didemodulasi akan di *decoding* untuk direkonstruksi kembali dengan IDWT.

4.1.3 Menu *gray watermarking*

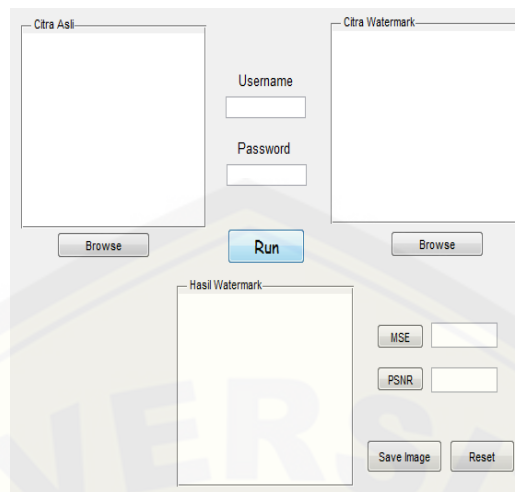
Menu *gray watermarking* merupakan menu yang digunakan untuk melakukan proses pada citra *grayscale*. Sama halnya dengan menu *color watermarking*, dalam menu ini terdapat empat submenu yaitu proses *embedding*, *extraction*, DWT *compress*, dan QPSK *Transmission*. Gambar 4.7 berikut menunjukkan tampilan menu *color watermarking* beserta submenu yang terdapat dalam proses *color watermarking*.



Gambar 4.7 Tampilan menu *gray watermarking*

a. Menu *embedding*

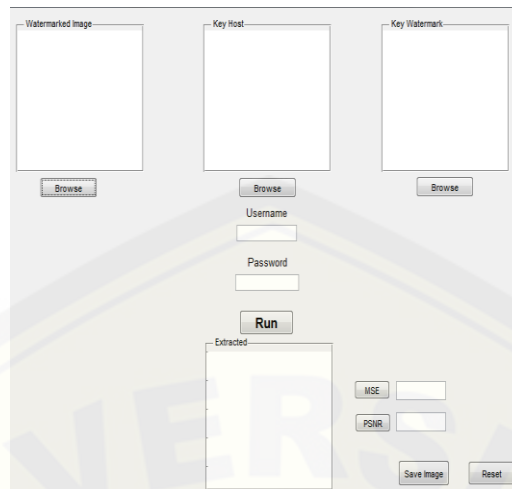
Menu *embedding* pada *gray watermarking* sama halnya dengan menu *embedding* pada *color watermarking* yaitu menu yang digunakan untuk membentuk citra hasil *watermarking*. Langkah-langkah untuk membentuk citra hasil *watermarking* yaitu dengan cara memasukkan citra *host* pada bagian citra asli dan citra logo pada bagian citra *watermark*. *Username* dan *password* pada proses ini digunakan untuk melindungi program dan proses pembentukan citra hasil *watermarking* tersebut. Hasil dari proses *watermarking* dengan DWT akan nampak pada bagian hasil *watermark* yang kemudian akan muncul nilai MSE dan PSNR dari citra hasil tersebut. Langkah berikutnya yaitu menyimpan program dengan tombol *save image* untuk pemrosesan citra lebih lanjut dan tombol *reset* untuk memproses citra lainnya. Perbedaan menu *embedding* ini yaitu citra yang dimasukkan dalam sistem secara otomatis akan diubah dalam bentuk *grayscale* sehingga hasil dari citra juga merupakan citra *grayscale*. Gambar 4.8 berikut merupakan tampilan menu *embedding* pada *gray watermarking*.



Gambar 4.8 Tampilan menu *embedding* pada *gray watermarking*

b. Menu *extraction*

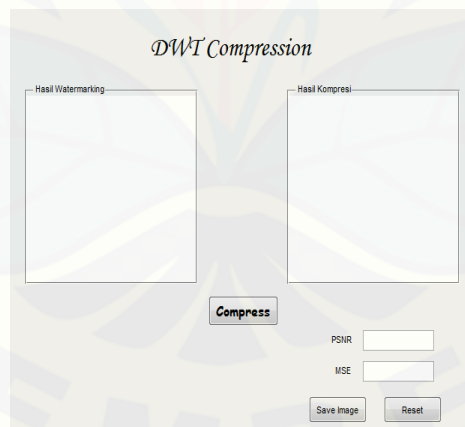
Menu *extraction* merupakan menu yang digunakan untuk mendapatkan kembali citra *watermark* yang disisipkan pada citra *host*. Langkah-langkah untuk melakukan ekstraksi yaitu dengan memasukkan citra hasil *watermarking* pada bagian *watermarked image*, memasukkan citra *host* pada bagian *key host* sebagai kunci untuk memecah citra hasil *watermarking*, dan memasukkan citra *watermark* yang disisipkan pada citra *host* sebagai pembanding. *Username* dan *password* pada proses ini digunakan untuk melindungi program dan proses pengekstrakan citra hasil *watermarking* tersebut. Hasil dari proses ekstraksi citra hasil *watermarking* akan muncul di bagian *extracted* dan juga akan diketahui nilai MSE dan PSNR dari citra ekstraksi yang didapat dari perbandingan antara citra ekstraksi dengan koefisien aproksimasi citra hasil *watermarking*. Menu *extraction* ini sama seperti proses pada *color watermarking*, yang membedakan yaitu citra yang diproses pada proses ini citra hasil *watermarking* tipe *grayscale*. Gambar 4.9 berikut merupakan tampilan menu *extraction*.



Gambar 4.9 Tampilan menu *extraction* pada *gray watermarking*

e. Menu DWT *compression*

Menu DWT *compression* ini digunakan untuk melakukan proses kompresi pada citra hasil *watermarking* tipe *grayscale* dengan DWT. Kompresi ini dilakukan untuk merusak citra hasil *watermarking* agar dapat dilihat kualitas citra yang disisipkan masih layak atau tidak. Gambar 4.10 berikut merupakan tampilan menu DWT *compression* pada *gray watermarking*.



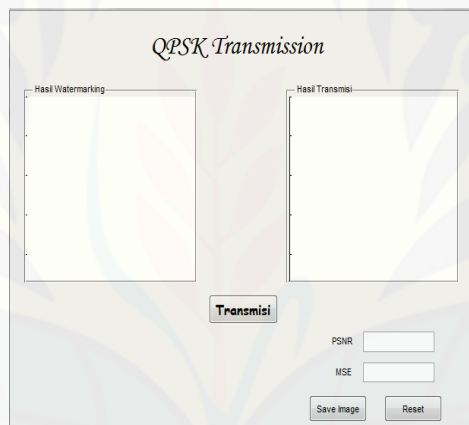
Gambar 4.10 Tampilan menu DWT *compression* pada *gray watermarking*

Secara garis besar proses kompresi DWT pada citra *grayscale* ini sama seperti proses kompresi DWT pada citra RGB, yang membedakan yaitu proses *input* citra dimana untuk *grayscale* citra tidak perlu dipecah menjadi komponen warna masing-masing. Untuk proses lebih lanjutnya sama seperti kompresi pada

citra RGB yaitu citra *grayscale* akan dikompresi melalui DWT yang kemudian dikonversikan menjadi tipe data *double* dan selanjutnya direkonstruksi kembali dengan IDWT.

f. Menu QPSK *transmission*

Menu QPSK *transmission* ini digunakan untuk melakukan proses transmisi citra *grayscale* menggunakan modulasi QPSK. Pada proses transmisi ini, sebelum citra ditransmisikan citra akan mengalami proses kompresi menggunakan DWT. Pada saat proses transmisi, citra yang ditransmisikan akan diberi tambahan *noise* untuk merusak citra hasil hasil *watermarking*. Hal ini ditujukan untuk melihat kehandalan citra *watermark* apakah memiliki kualitas yang baik atau tidak setelah citra yang ditumpangi dirusak oleh *noise*. Gambar 4.11 berikut merupakan tampilan menu QPSK *transmission* pada *gray watermarking*.



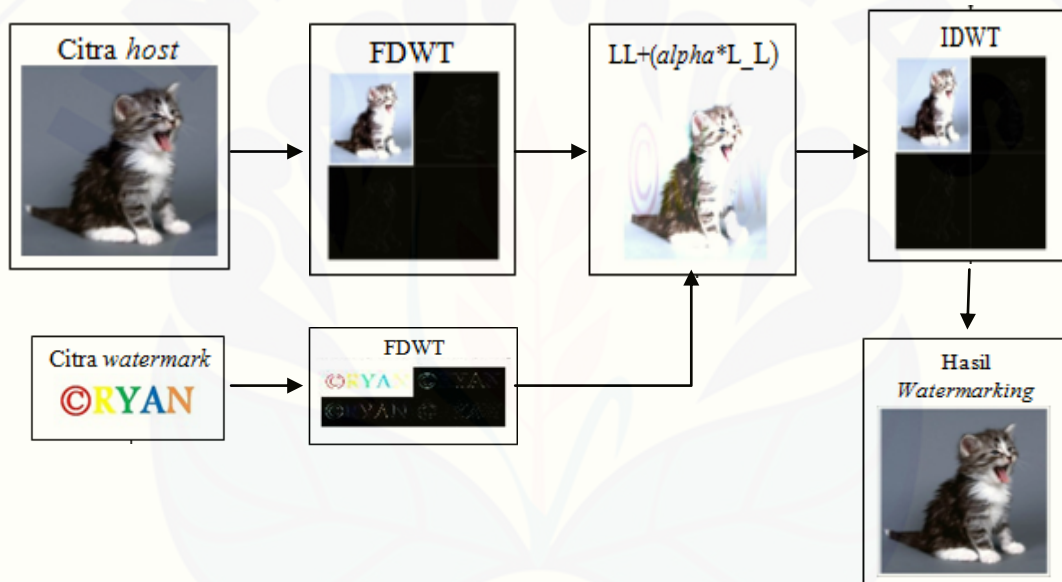
Gambar 4.11 Tampilan proses QPSK *transmission* pada *gray watermarking*

Tidak seperti pada proses RGB, proses *input* citra *grayscale* tidak perlu dipecah berdasarkan komponen warna, sehingga proses dekomposisi citra *grayscale* langsung pada keseluruhan citra tersebut. Setelah proses dekomposisi citra akan di *encoding* untuk ditransmisikan melalui modulasi QPSK. Pada saat citra ditransmisikan, citra akan diberi *noise* AWGN yang setelah didemodulasi akan di *decoding* untuk direkonstruksi kembali dengan IDWT.

4.2 Analisis Citra Watermarking

4.2.1 Algoritma Watermarking

Proses *watermarking* terhadap citra *digital* menggunakan metode DWT secara garis besar dijelaskan pada bab 3, dimana citra *host* dan citra *watermark* didekomposisi dengan DWT untuk mendapatkan koefisien aproksimasi citra. Kemudian koefisien aproksimasi tersebut digabungkan guna mendapatkan koefisien baru untuk citra hasil *watermarking*. Koefisien baru tersebut kemudian direkonstruksi kembali dengan koefisien detail dari citra *host* untuk mendapatkan citra hasil *watermarking* yang utuh. Berikut merupakan proses *image watermarking* menggunakan DWT.

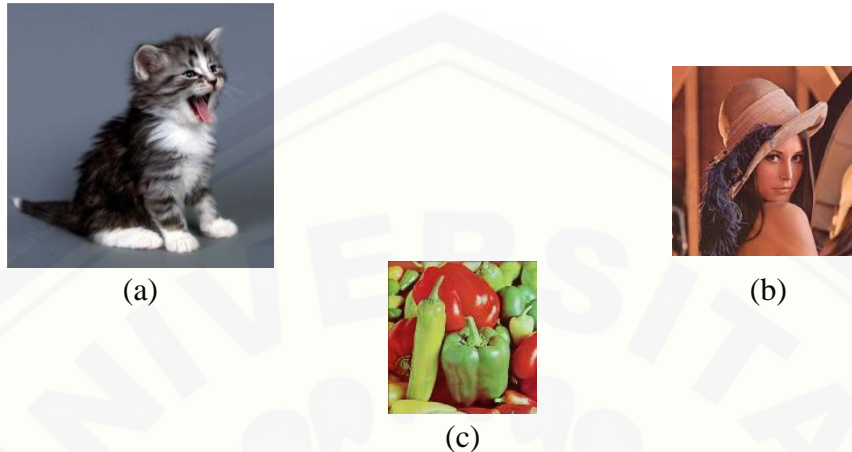


Gambar 4.12 Proses *image watermarking*

4.2.2 Jenis dan Ukuran Citra

Dalam penelitian ini citra *host* yang digunakan merupakan citra berwarna mode RGB 24 bit dan citra *grayscale* 8 bit dengan format *.jpg. Dipilih dua mode warna citra agar diketahui perbandingan citra hasil *watermarking* untuk citra RGB dan *grayscale*. Citra *host* yang akan digunakan ada tiga buah dengan ukuran dimensi yang berbeda yaitu cats (512x512), lena (256x256), dan pepper (128x128). Sedangkan citra *watermark* yang digunakan memiliki format citra yang berbeda yaitu citra ryan.jpg, UNEJ.bmp, dan HME.png dengan ukuran

resolusi citra yang sama yaitu 128×128 *pixel*. Hal tersebut dipilih agar diketahui perbandingan dimensi citra terhadap proses *watermarking*. Contoh citra yang akan digunakan adalah sebagai berikut :



(a)

(b)

(c)

(a) Cats; (b) Lena; (c) Pepper

Gambar 4.13 Citra *host*

(a)



(b)



(c)

(a) Unej.bmp; (b) Ryan.jpg; (c) HME.png

Gambar 4.14 Citra *watermark* (logo)

4.2.3 Hasil Analisis Obyektif *Watermarking*

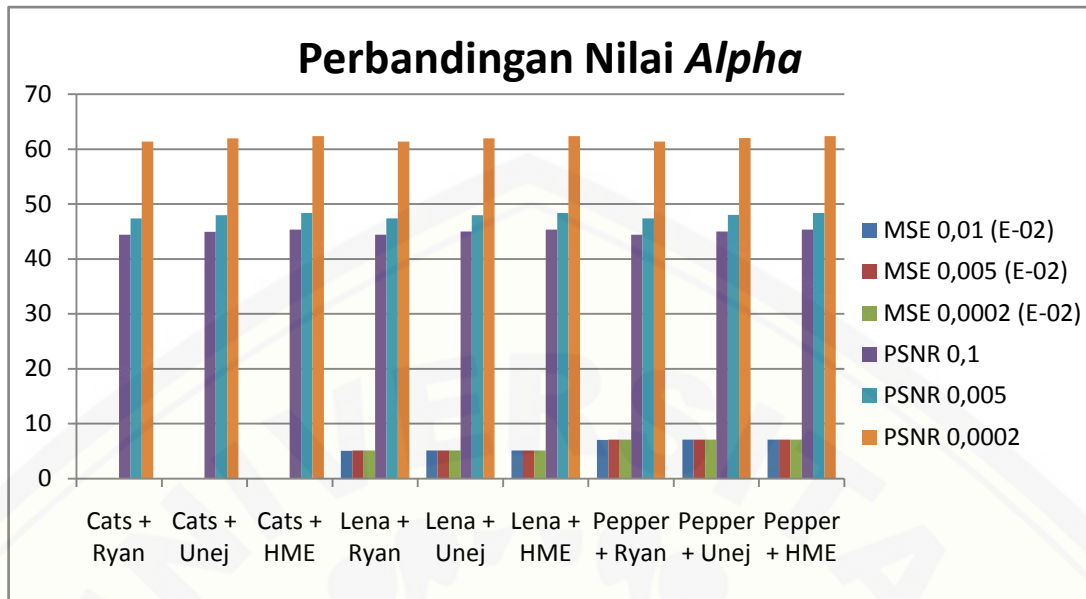
Performansi sistem *digital image watermarking* dalam analisis obyektif pada tugas akhir ini diukur dengan menganalisis nilai MSE dan PSNR dari citra hasil *watermarking*.

a. Analisis perbandingan koefisien pencampur (*alpha*)

Koefisien pencampur (*alpha*) merupakan nilai yang digunakan untuk menggabungkan koefisien aproksimasi citra *host* dan citra *watermark* untuk membentuk koefisien aproksimasi baru dari citra hasil *watermarking*. Pada tahap ini pengujian dilakukan pada semua citra *host* dan citra *watermark* (logo) yang bertipe *grayscale*.

Tabel 4.1 Perbandingan nilai *alpha*

No	Citra Host	Citra Watermark	$\alpha = 0,01$			$\alpha = 0,005$			$\alpha = 0,0002$		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		8,598E-05	44,3933		2,150E-05	47,4036		3,439E-08	61,383
		UNEJ.bmp		6,603E-05	44,9666		1,651E-05	47,9769		2,641E-08	61,9563
		HME.png		5,544E-05	45,3461		1,386E-05	48,3564		2,218E-08	62,3358
2	Lena	Ryan.jpg		0,0510353	44,3957		0,0511149	47,406		0,0512309	61,3854
		UNEJ.bmp		0,0510996	44,9805		0,0511512	47,9908		0,0512325	61,9702
		HME.png		0,0510721	45,3514		0,0511386	48,3617		0,051232	62,3411
3	Pepper	Ryan.jpg		0,0708261	44,4029		0,0708536	47,4132		0,0709251	61,3926
		UNEJ.bmp		0,0708899	45,0169		0,0708858	48,0272		0,0709264	62,0066
		HME.png		0,0709008	45,3682		0,0708899	48,3785		0,0709265	62,3579
Rata – Rata				4,067E-02	44,9135		4,068E-02	47,9238		4,072E-02	61,9032



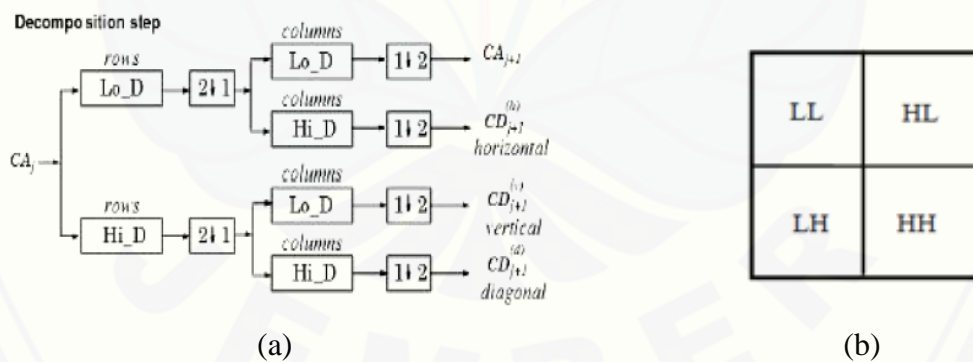
Gambar 4.15 Perbandingan nilai α

Dari tabel dan gambar di atas dapat diketahui bahwa performansi kualitas citra hasil *watermarking* dipengaruhi oleh nilai koefisien pencampur (α) yang diberikan. Terlihat penurunan nilai koefisien pencampur menaikkan kualitas dari citra hasil *watermarking*, begitu juga menaikkan nilai koefisien pencampur akan menyebabkan turunnya kualitas citra hasil *watermarking*. Untuk koefisien 0,0002 menunjukkan kualitas citra yang terbaik dibandingkan dengan koefisien lainnya. Hal tersebut ditunjukkan dari rata-rata nilai MSE dan PSNR untuk koefisien 0,0002 yaitu $4,072E-02$ dan $61,9032$ dB, dimana berdasarkan tabel PSNR menunjukkan kualitas citra *excellent* (istimewa). Sedangkan untuk koefisien 0,01 dan 0,005 memiliki rata-rata nilai MSE dan PSNR yaitu $4,067E-02$ dan $44,9135$ dB, serta $4,068E-02$ dan $47,9238$ dB, dimana berdasarkan tabel PSNR menunjukkan kualitas citra *reasonable* (layak). Perhitungan nilai MSE untuk citra *grayscale* didapatkan dari rumus (2.13) dimana berdasarkan baris dan kolom citra, dikalikan dengan kuadrat dari sampel sinyal citra asli dikurangi citra rekonstruksi. Sedangkan untuk PSNR didapat dari perhitungan logaritma dari nilai maksimal komposisi warna dibagi akar dari nilai MSE.

Kualitas citra hasil *watermarking* dari hasil percobaan yang sudah dilakukan didapat bahwa semakin rendah nilai koefisien pencampur yang digunakan maka semakin baik nilai kualitas citra hasil *watermarking*. Dari hasil yang diperoleh, maka nilai koefisien pencampur percobaan selanjutnya menggunakan nilai yang sekecil mungkin untuk mendapatkan kualitas citra yang istimewa (*excellent*) berdasarkan tabel PSNR.

b. Analisis perbandingan dekomposisi pada citra asli

Proses dekomposisi adalah proses pembagian citra ke dalam beberapa koefisien dengan menggunakan *low pass filter* dan *high pass filter* yang kemudian dilakukan *downsampling* 2. Keluaran dari proses tersebut berupa sinyal frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang kemudian diproses dua kali terhadap baris dan kolom sehingga menghasilkan koefisien-koefisien dari citra yaitu LL, LH, HL, dan HH. LL merupakan koefisien aproksimasi yang memiliki informasi yang mirip dengan citra asli. Sedangkan LH, HL, dan HH merupakan koefisien detail yang mengandung informasi tepian dari citra asli. Untuk dekomposisi dengan *n*-tingkatan, maka proses dekomposisi dilakukan terhadap koefisien aproksimasi (LL) menjadi *sub-band* yang lebih kecil. Cara kerja proses dekomposisi dengan DWT dapat digambarkan sebagai berikut :

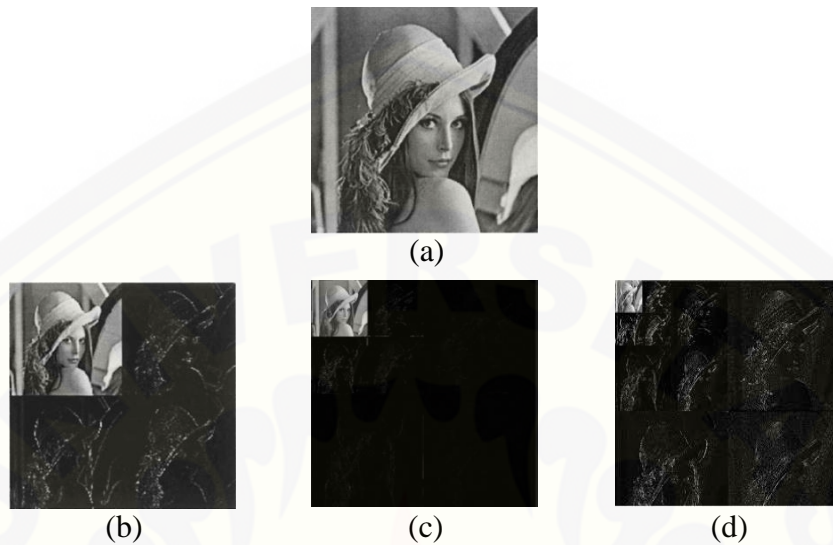


(a) Tahapan dekomposisi *wavelet* tingkat 1; (b) struktur *pyramid* dekomposisi tingkat 1.

Gambar 4.16 Proses dekomposisi (FDWT) level 1

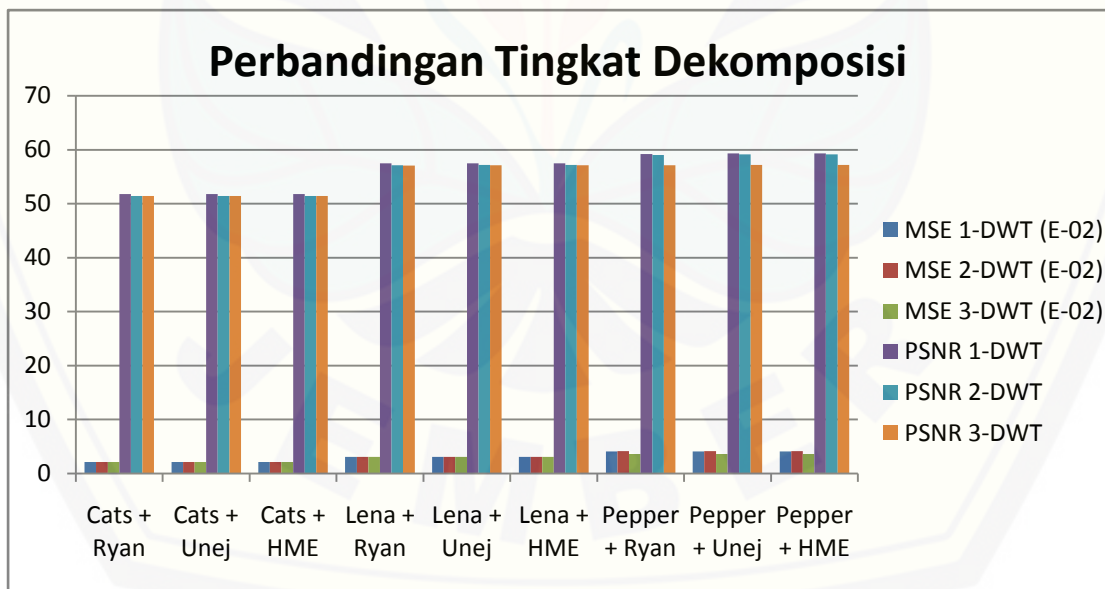
Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan proses *watermarking* dengan dekomposisi pada level satu, dua, dan tiga terhadap citra *host* dan

watermarking menggunakan *wavelet daubechies* (db1). Citra yang digunakan pada proses kali ini yaitu citra *true color* (RGB). Struktur proses dekomposisi pada citra yang akan digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut :











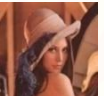
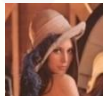

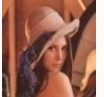
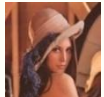

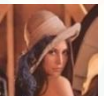
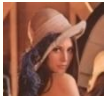









(a) Citra asli; (b) Dekomposisi citra satu tingkat; (c) Dekomposisi citra dua tingkat; (d) Dekomposisi citra tiga tingkat

Gambar 4.17 Perbandingan tingkat dekomposisi citra



Gambar 4.18 Perbandingan tingkat dekomposisi

Tabel 4.2 Perbandingan tingkat dekomposisi

No	Citra Host	Citra Watermark	FDWT – 1			FDWT – 2			FDWT – 3		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		0,0211921	51,7837		0,0211784	51,4429		0,0211777	51,4379
		UNEJ.bmp		0,0211935	51,7859		0,0211798	51,4448		0,0211794	51,4411
		HME.png		0,0211931	51,7861		0,0211794	51,4449		0,0211789	51,4412
2	Lena	Ryan.jpg		0,0308061	57,4703		0,0310858	57,1383		0,0310915	57,0825
		UNEJ.bmp		0,0308032	57,5023		0,0310829	57,1667		0,0310879	57,1276
		HME.png		0,030802	57,5042		0,0310817	57,1679		0,0310864	57,1281
3	Pepper	Ryan.jpg		0,040866	59,2217		0,0415045	59,0515		0,0363773	57,1405
		UNEJ.bmp		0,0408639	59,2961		0,0415025	59,1231		0,036376	57,1848
		HME.png		0,0408665	59,2995		0,041505	59,1238		0,0363733	57,1867
Rata – Rata				0,030954	56,1833		0,0312556	55,9004		0,0295476	55,2412

Hasil percobaan perbandingan dekomposisi citra pada proses *embedding watermarking* ditunjukkan oleh Tabel 4.2 dan gambar 4.18 di atas. Data tersebut menunjukkan bahwa citra hasil *watermarking* dengan proses dekomposisi satu level memiliki kualitas yang paling baik dibandingkan dekomposisi dua level dan tiga level. Hal ini terlihat pada rata-rata nilai MSE dan PSNR yang diperoleh dari dekomposisi satu level yaitu 0,030954 dan 56,1833 dB, sedangkan untuk dekomposisi dua level dan tiga level memiliki rata-rata nilai MSE dan PSNR yaitu 0,0312556 dengan 55,9004 dB, dan 0,0295476 dengan 55,2412 dB. Nilai PSNR terbesar pada proses dekomposisi satu level diperoleh dari proses *watermarking* dengan citra *pepper.jpg* sebagai citra *host* yaitu 59,2995. Kualitas citra hasil *watermarking* berdasarkan nilai PSNR dari percobaan yang dilakukan didapat bahwa semakin rendah tingkat dekomposisi suatu citra maka semakin baik kualitas citra hasil *watermarking*. Karena setiap proses dekomposisi pada citra akan terjadi *error* atau perubahan piksel dari citra tersebut. Dari hasil yang diperoleh, maka dekomposisi yang akan digunakan pada proses selanjutnya yaitu proses dekomposisi satu level.

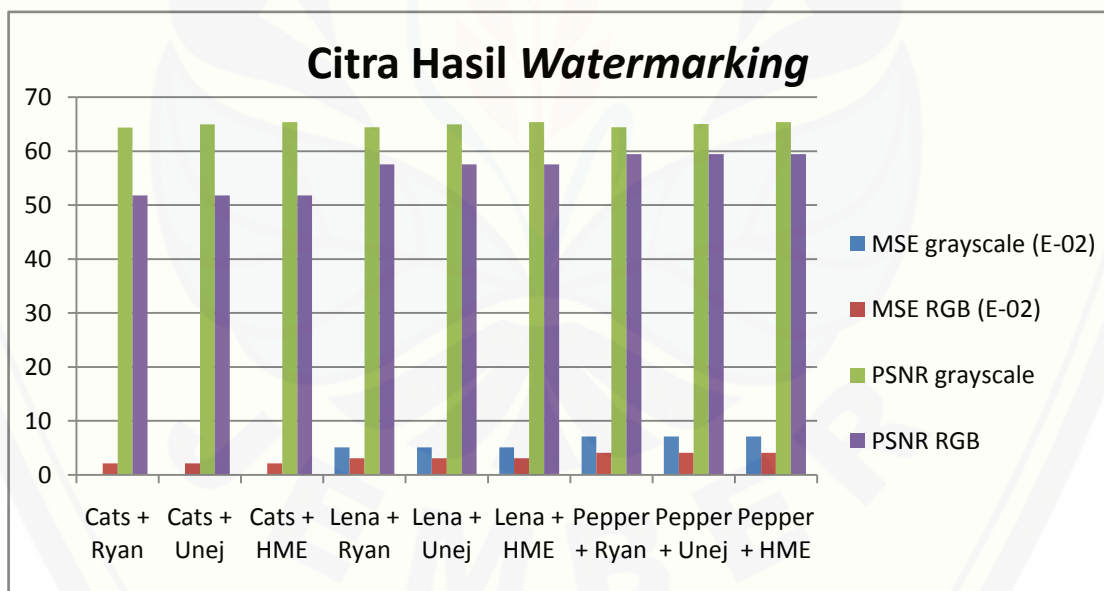
c. Analisis citra hasil *watermark*

Subbab ini merupakan subbab kesimpulan dari proses *embedding watermarking* pada citra. Pada percobaan ini dianalisis bagaimana pemilihan citra untuk proses *embedding* dengan membandingkan ukuran dimesi citra *host* dan format citra *watermark* yang berbeda. Dari data yang sudah didapat dari percobaan sebelumnya, maka percobaan ini akan menggunakan nilai koefisien pencampur sekecil mungkin yaitu 0,0001 dan menggunakan proses dekomposisi citra satu level, serta *mother wavelet* yang digunakan masih tetap sama yaitu *daubechies1* (db1). Citra yang akan diproses yaitu keseluruhan citra baik citra RGB maupun *grayscale*.

Tabel di atas merupakan data hasil kesimpulan dari percobaan citra *watermarking* yang dibahas pada bagian sebelumnya. Tabel 4.3 dan Gambar 4.19 merupakan perbandingan citra hasil *watermarking* mode RGB dan *grayscale*. Nilai MSE merupakan rata-rata tingkat *error* pada proses *watermarking*, dimana semakin kecil nilai MSE maka semakin baik pula kualitas citra tersebut.

Kebalikan dari MSE, PSNR merupakan nilai pembandingan citra asli dengan citra hasil watermarking sehingga semakin besar nilai PSNR maka semakin baik pula kualitas citra tersebut.

Dilihat dari keseluruhan nilai rata-rata MSE dan PSNR citra *grayscale* lebih baik yaitu $4,072E-02$ dan $64,9135$ dB, sedangkan citra RGB yang mempunyai rata-rata MSE $0,092842$ dan PSNR $53,8819$ dB. Hal ini dikarenakan citra *grayscale* memiliki 256 warna yaitu dari warna hitam hingga warna putih, sehingga citra *grayscale* lebih mudah untuk disisipi *watermark* dan menghasilkan kualitas citra yang istimewa (*excellent*) sesuai dengan tabel PSNR. Sedangkan pada citra RGB mempunyai tiga warna dasar yaitu *red*, *green*, dan *blue*, dimana masing-masing warna dasar memiliki 256 unsur warna. Hal ini menyebabkan proses dekomposisi *wavelet* dan proses *watermarking* dilakukan pada setiap komponen warna, sehingga lebih banyak mengurangi piksel citra dan menurunkan kualitas citra.



Gambar 4.19 Citra hasil *watermarking*

Tabel 4.3 Pengujian citra hasil *watermarking*

No	Citra Host	Citra Watermark	Grayscale			RGB		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		8,598e-09	64,3933		0,0211936	51,792
		UNEJ.bmp		6,603e-09	64,9666		0,0211942	51,7925
		HME.png		5,544e-09	65,3461		0,021194	51,7926
2	Lena	Ryan.jpg		0,0512337	64,3957		0,0307948	57,561
		UNEJ.bmp		0,0512345	64,9805		0,0307933	57,5692
		HME.png		0,0512343	65,3514		0,0307927	57,5697
3	Pepper	Ryan.jpg		0,070927	64,4029		0,0408552	59,4296
		UNEJ.bmp		0,0709277	65,0169		0,0408541	59,4499
		HME.png		0,0709278	65,3682		0,040854	59,4509
Rata – rata				4,072E-02	64,9135		0,0209473	56,2675

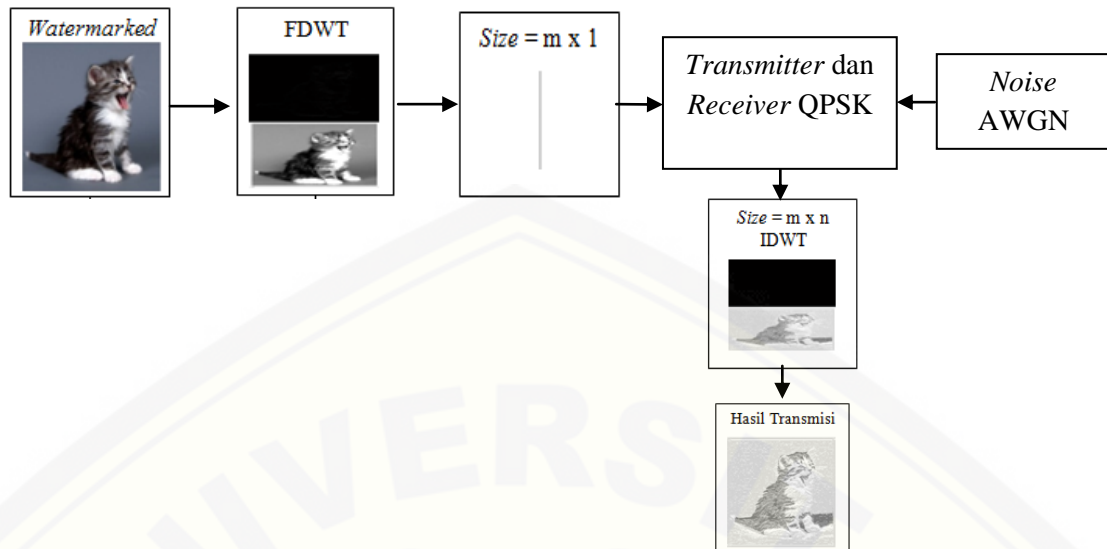
Dilihat dari perbedaan ukuran citra pada citra *host*, dalam Tabel 4.3 menunjukkan bahwa citra *host* dengan dimensi paling kecil yaitu citra *pepper.jpg* yang mempunyai nilai MSE dan PSNR paling baik, hal tersebut diwakili oleh citra *HME.png* sebagai citra *watermark* dengan MSE 0,0709278 dan PSNR 65,3682 dB untuk citra *grayscale*, serta MSE 0,040854 dan PSNR 59,4509 dB untuk citra RGB. Hal ini disebabkan oleh kecilnya ukuran citra *host* membuat proses dekomposisi citra lebih mudah dilakukan tanpa mengurangi piksel citra yang cukup banyak, sehingga membuat citra *watermarking* pada dimensi citra rendah memiliki kualitas citra bagus (*good*) untuk citra RGB dan istimewa (*excellent*) untuk citra *grayscale* berdasarkan nilai PSNR yang ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Dari percobaan pada subbab ini disimpulkan bahwa citra *grayscale* lebih baik dibandingkan dengan citra RGB, dikarenakan unsur warna citra RGB yang lebih sedikit lebih memudahkan proses dekomposisi tanpa banyak mengurangi kualitas citra yang digunakan.

4.3 Transmisi Citra Hasil *Watermarking*

4.3.1 Algoritma Transmisi

Setelah melewati beberapa tahap percobaan dari proses pembentukan citra *watermarking* dengan melihat nilai MSE dan PSNR yang ada, tahap berikutnya yaitu pengujian terhadap citra hasil *watermarking* tersebut terhadap serangan-serangan citra *digital*. Proses pengujian yang akan digunakan adalah proses transmisi dengan modulasi QPSK, dimana dalam proses tersebut citra akan mengalami proses kompresi dan adanya serangan *noise* pada kanal transmisi. Berikut merupakan proses transmisi citra hasil *watermarking* melalui modulasi QPSK.


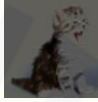

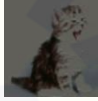



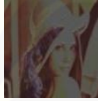



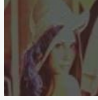








Gambar 4.20 Proses transmisi citra hasil *watermarking*










4.3.2 Analisis Obyektif Citra Hasil Transmisi

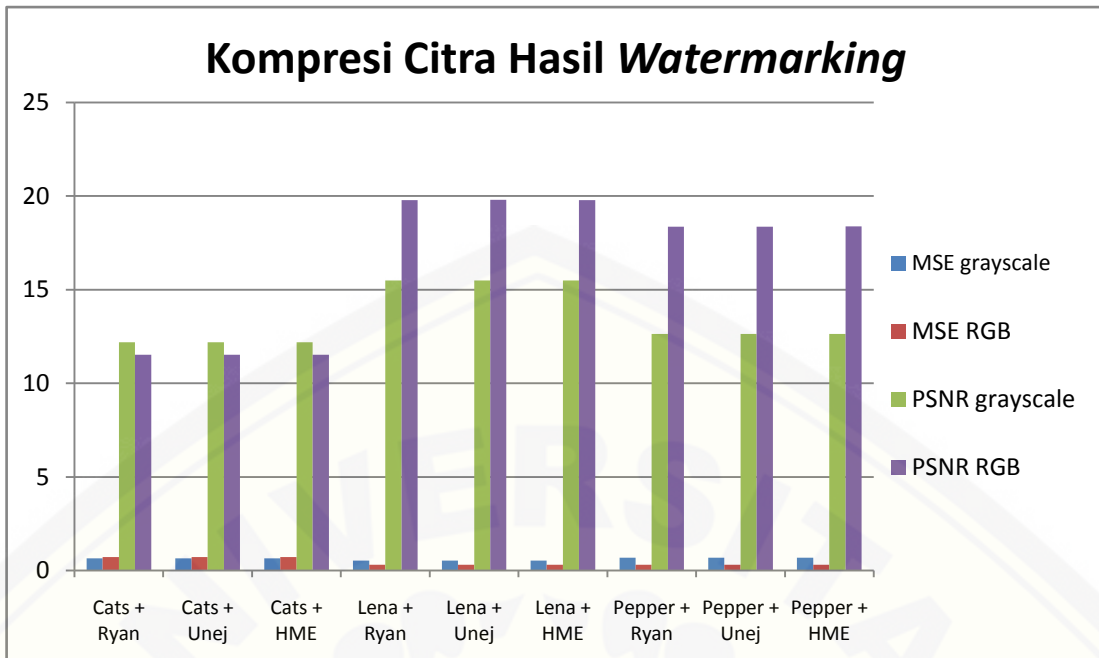
Dari permasalahan tentang kehandalan citra maka pengujian ini akan dibagi menjadi dua analisis yaitu kompresi citra tanpa transmisi dan citra yang dilewatkan dalam proses transmisi. Citra yang akan diuji dalam proses ini yaitu citra hasil *watermarking* pada bagian (c) dan *noise* yang akan digunakan yaitu *add white gaussian noise* (AWGN). Pada proses pengujian ini, citra hasil *watermarking* akan dirusak melalui proses kompresi DWT dan transmisi QPSK dengan menentukan parameter yang ada. Proses ini untuk mengetahui apakah citra *watermark* yang disisipkan handal dalam proses pengolahan citra yang dilakukan. Pada proses kompresi DWT, citra akan dirusak dengan menggunakan proses dekomposisi tiga level untuk mengurangi kualitas citra. Sedangkan pada proses transmisi citra akan dirusak dengan adanya *noise* pada kanal transmisi, proses dekomposisi citra yang digunakan pada proses transmisi yaitu dekomposisi DWT satu level. Hal ini dikarenakan inti dari proses transmisi yaitu adanya penambahan *noise*.

Tabel 4.4 Pengujian kompresi citra hasil *watermarking*

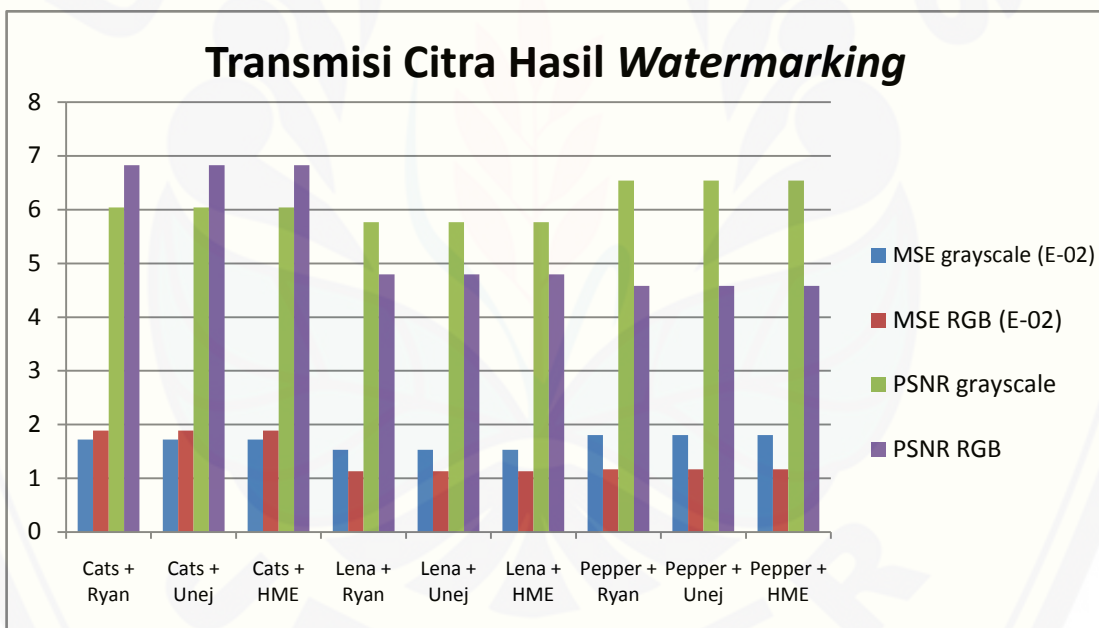
No	Citra Host	Citra Watermark	Grayscale			RGB		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		0,650133	12,1895		0,720126	11,5173
		UNEJ.bmp		0,650133	12,1895		0,720115	11,5174
		HME.png		0,650133	12,1895		0,720118	11,5174
2	Lena	Ryan.jpg		0,527946	15,4945		0,315728	19,7912
		UNEJ.bmp		0,527918	15,4953		0,315752	19,7931
		HME.png		0,527897	15,4956		0,315721	19,7927
3	Pepper	Ryan.jpg		0,683525	12,6411		0,313306	18,3725
		UNEJ.bmp		0,683486	12,6415		0,313248	18,3732
		HME.png		0,683469	12,6418		0,313302	18,3742
Rata – rata				0,62052	13,442		0,44971	16,561

Tabel 4.5 Pengujian transmisi citra hasil *watermarking*

No	Citra <i>Host</i>	Citra <i>Watermark</i>	Grayscale			RGB		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		1,71971	6,03852		1,8885	6,82857
		UNEJ.bmp		1,71971	6,03852		1,88845	6,82873
		HME.png		1,71971	6,03852		1,88838	6,82935
2	Lena	Ryan.jpg		1,53095	5,76522		1,13278	4,79724
		UNEJ.bmp		1,53095	5,7645		1,13282	4,79782
		HME.png		1,53095	5,76472		1,13268	4,79783
3	Pepper	Ryan.jpg		1,8051	6,54198		1,16906	4,58009
		UNEJ.bmp		1,80501	6,54192		1,16906	4,57956
		HME.png		1,80488	6,54191		1,16894	4,58072
Rata – rata				1,68522	6,1151		1,39674	5,4022



Gambar 4.21 Pengujian kompresi citra hasil watermarking



Gambar 4.22 Pengujian transmisi citra hasil watermarking

Dari hasil percobaan terhadap pengujian citra hasil watermarking, dapat dilihat dari Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 di atas bahwa kualitas citra setelah proses pengujian sangat menurun. Berdasarkan tabel nilai PSNR, rata-rata kualitas citra hasil pengujian menunjukkan kualitas citra buruk atau tidak dapat digunakan (*unuseable*). Kualitas citra yang paling baik setelah proses pengujian ini pada

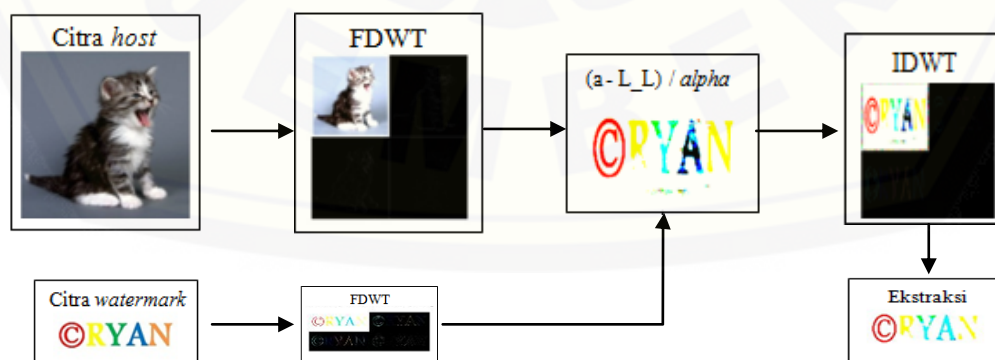
citra terkompresi ditunjukkan oleh citra *host* lena.jpg dengan PSNR 19,7931 dB dalam mode RGB, dan PSNR 15,4956 dB. Sedangkan pada proses tranmisi untuk citra RGB kualitas citra paling baik ditunjukkan citra *host* cats.jpg dengan PSNR 6,82935 dB, untuk citra *grayscale* ditunjukkan citra *host* pepper.jpg dengan PSNR 6,54198 dB

Dari tabel di atas terdapat beberapa nilai MSE dan PSNR yang sama pada satu citra *host*, hal ini disebabkan oleh ukuran dimensi dan struktur citra hasil *watermarking* yang sama. Dari percobaan pengujian ini, disimpulkan bahwa pada proses kompresi semakin besar nilai dekomposisi yang digunakan maka semakin menurun pula kualitas citra tersebut. Sedangkan pada proses transmisi penurunan kualitas juga disebabkan oleh proses dekomposisi DWT terhadap citra ditambah dengan adanya *noise* pada kanal transmisinya.

4.4 Ekstraksi *Watermarking*

4.4.1 Algoritma Ekstraksi

Ekstraksi adalah pemisihan citra hasil *watermarking* menjadi citra asli yang disisipkan, dan berguna sebagai autentifikasi terhadap citra hasil *watermarking* untuk melindungi dari pelanggaran hak cipta. Proses ekstraksi ini dilakukan terhadap citra hasil *watermarking* setelah proses pengujian citra. Citra hasil *watermarking* dan citra asli didekomposisi dengan DWT untuk mendapatkan koefisien aproksimasi. Koefisien aproksimasi tersebut dipecah untuk mendapatkan citra *watermark* yang disisipkan. Berikut merupakan proses ekstraksi citra hasil *watermarking*.



Gambar 4.23 Proses ekstraksi *watermarking*



















4.4.2 Analisis Obyektif Hasil Ekstraksi

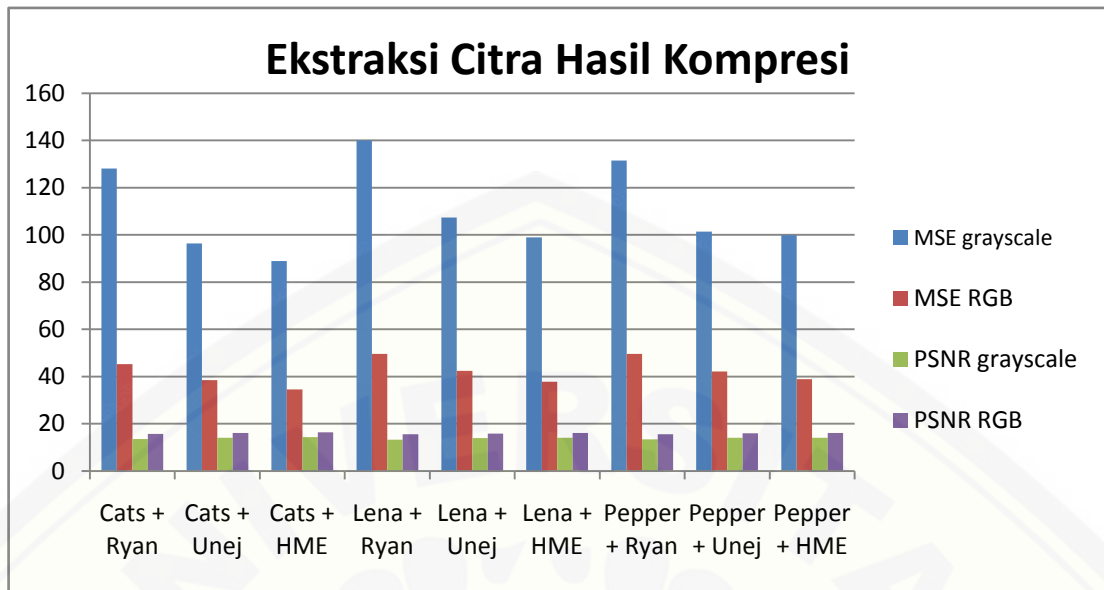
Pada penelitian ini citra yang akan mengalami ekstraksi yaitu citra hasil *watermarking* yang telah mengalami kompresi dan proses transmisi, Hal ini dimaksudkan untuk dapat mengetahui kehandalan citra yang disisipkan saat citra penampungnya mengalami proses pengolahan citra.

a. Penilaian citra hasil ekstraksi setelah kompresi

Penilaian ini digunakan untuk menilai citra ekstraksi hasil kompresi DWT dengan dekomposisi tiga level. Tabel 4.6 merupakan data dari ekstraksi dari citra yang telah dikompresi. Dari data di atas dapat diketahui bahwa kualitas citra juga menurun untuk kedua mode citra. Menurunnya kualitas citra tersebut diakibatkan oleh proses kompresi yang terjadi dan proses dekomposisi untuk mengekstrak citra. Dari Tabel 4.6 juga dapat diketahui bahwa citra ekstraksi RGB memiliki kualitas atau tingkat *robustness* lebih baik yaitu 15,9584 dB dibandingkan citra *grayscale* yang mempunyai PSNR 13,8778 dB. Citra RGB memiliki tingkat ketahanan yang lebih baik karena citra RGB terdiri dari tiga unsur warna dan berukuran 24 bit, sehingga proses pengujian citra tidak berpengaruh secara signifikan pada citra RGB. Berbeda dengan citra *grayscale* dimana hanya terdiri dari 8 bit warna (0-255) sehingga hasil ekstraksinya lebih rentan terpengaruh oleh gangguan pengolahan citra. Penilaian citra ekstraksi disini bukan hanya ditentukan dari nilai MSE ataupun PSNR melainkan juga dari penilaian visual manusia, karena persepsi visual manusia mampu menilai citra hasil ekstraksi tersebut dapat digunakan sebagai autentifikasi atau tidak. Berikut merupakan tabel analisis citra ekstraksi hasil kompresi.

Tabel 4.6 Ekstraksi citra hasil kompresi

No	Citra Host	Citra Watermark	Grayscale			RGB		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		128,123	13,5273		45,329	15,7835
		UNEJ.bmp		96,3709	14,1457		38,5366	16,136
		HME.png		88,8852	14,3213		34,5217	16,3749
2	Lena	Ryan.jpg		140,097	13,3333		49,5919	15,5883
		UNEJ.bmp		107,379	13,9108		42,4335	15,9269
		HME.png		99,026	14,0867		37,8538	16,1749
3	Pepper	Ryan.jpg		131,474	13,4712		49,564	15,5896
		UNEJ.bmp		101,375	14,0357		42,1946	15,9391
		HME.png		99,8892	14,0678		38,9574	16,1125
Rata – rata				110,291	13,8778		42,109	15,9584





















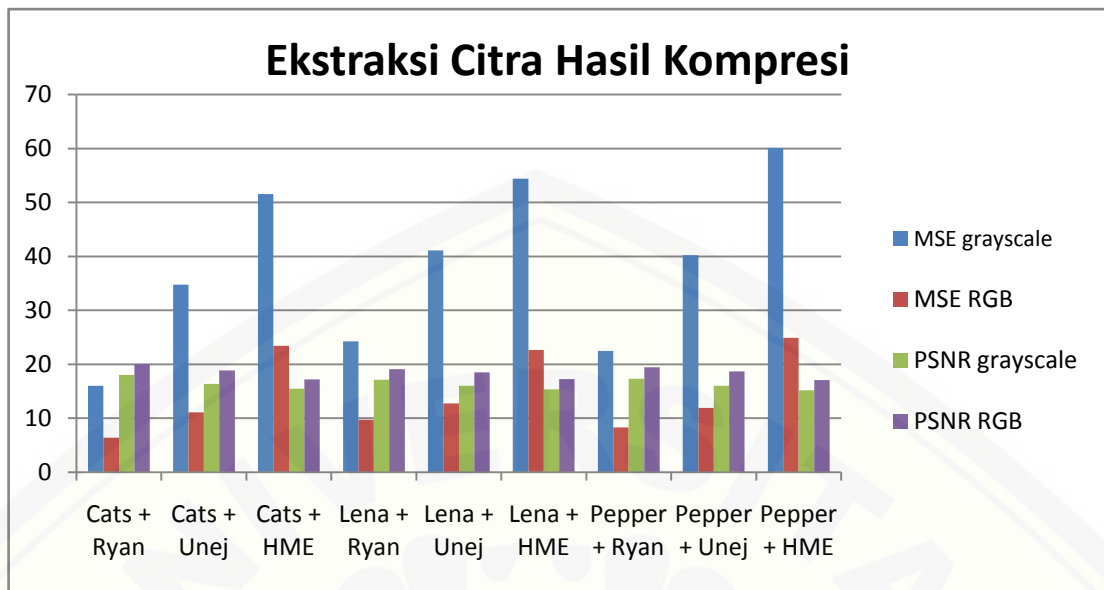
Gambar 4.24 Hasil ekstraksi citra kompresi

b. Penilaian citra hasil ekstraksi setelah transmisi

Penilaian ini untuk menilai citra ekstraksi hasil transmisi QPSK dengan *noise* AWGN dan kompresi DWT yang ditunjukkan dalam tabel berikut. Berdasarkan Tabel 4.7 diketahui bahwa sama halnya dengan proses ekstraksi setelah kompresi, citra RGB menunjukkan tingkat kehandalan yang lebih baik. Hal ini ditunjukkan dengan nilai MSE dan PSNR untuk citra RGB yaitu 14,58 dan 18,4749 dB, sedangkan citra *grayscale* menunjukkan nilai MSE 38,3249 dan PSNR 16,3276 dB. Nilai MSE yang lebih besar dibandingkan PSNR pada citra *grayscale* menunjukkan bahwa citra tersebut lebih banyak terjadi penurunan kualitas citra. Penurunan kualitas citra yang terjadi pada saat penambahan *noise* AWGN, tidak lantas membuat citra ekstraksi setelah transmisi lebih buruk. Bahkan dari nilai PSNR menunjukkan bahwa citra ekstraksi setelah transmisi lebih handal dibandingkan citra ekstraksi yang hanya dikompresi. Nilai MSE dan PSNR pada proses ekstraksi ini tidak cukup untuk autentifikasi citra. Penilaian untuk autentifikasi citra juga bergantung pada persepsi visual manusia.

Tabel 4.7 Ekstraksi citra hasil transmisi

No	Citra Host	Citra Watermark	Grayscale			RGB		
			Hasil	MSE	PSNR	Hasil	MSE	PSNR
1	Cats	Ryan.jpg		16,0096	18,0435		6,40366	20,0333
		UNEJ.bmp		34,7713	16,3593		11,085	18,8417
		HME.png		51,5245	15,5053		23,426	17,2169
2	Lena	Ryan.jpg		24,264	17,1406		9,70506	19,1304
		UNEJ.bmp		41,1098	15,9957		12,7536	18,5368
		HME.png		54,3803	15,3882		22,6675	17,2884
3	Pepper	Ryan.jpg		22,5108	17,3034		8,325	19,4635
		UNEJ.bmp		40,2343	16,0424		11,9433	18,6798
		HME.png		60,1191	15,1703		24,9113	17,0834
Rata – rata				38,3249	16,3276		14,58	18,4749



Gambar 4.25 Hasil ekstraksi citra transmisi

4.5 Analisis Subyektif

Analisis subyektif dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Opinion Score* (MOS) yaitu nilai yang menunjukkan tingkat penerimaan responden terhadap kualitas citra hasil *watermarking* serta kemampuan manusia mengidentifikasi citra tersebut. Jumlah responden sebanyak 30 orang dengan kriteria penilaian MOS untuk citra hasil *watermarking* sebagai berikut :

- a. *Excellent* (kualitas sangat baik) : 5
- b. *Fine* (kualitas tinggi) : 4
- c. *Passable* (kualitas cukup) : 3
- d. *Marginal* (kualitas rendah) : 2
- e. *Unuseable* (kualitas sangat rendah) : 1

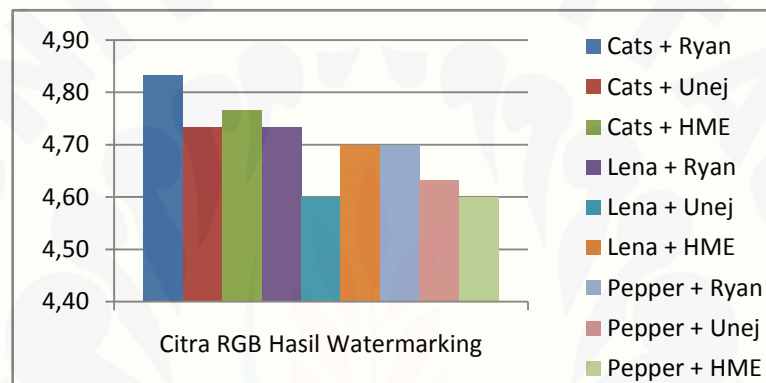
Sedangkan untuk kriteria penilaian MOS untuk citra ekstraksi sebagai autentifikasi sebagai berikut :

- a. Terbaca dengan jelas : 5
- b. Terbaca dengan kurang jelas : 4
- c. Terbaca tetapi tidak jelas : 3
- d. Terlihat tetapi tidak terbaca : 2
- e. Tidak terlihat dan tidak terbaca : 1

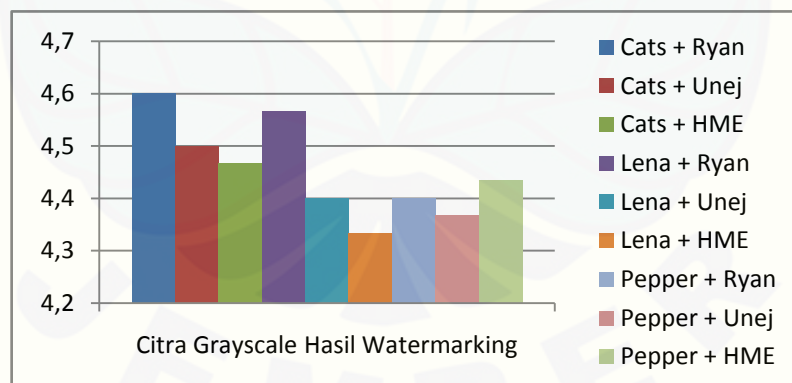
Penelitian ini sangat tergantung pada persepsi penglihatan dari tiap responden. Untuk penilaian subyektif dilakukan untuk citra hasil *watermarking* pada subbab 4.2.3 bagian (c) dan citra ekstraksi hasil pengujian kompresi dan transmisi.

4.5.1 Analisis Citra Hasil *Watermarking*

Penilaian yang dilakukan adalah dengan melihat kualitas citra hasil *watermarking*. Berikut adalah gambar hasil penilaian subyektif untuk kualitas citra hasil *watermarking*.



Gambar 4.26 Penilaian subyektif citra RGB hasil *watermarking*



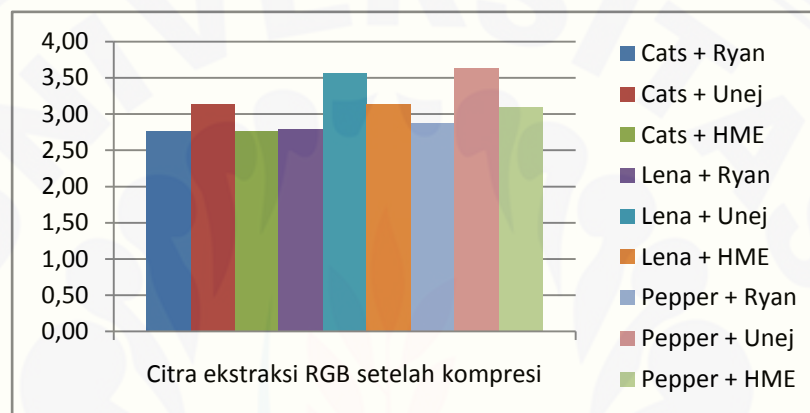
Gambar 4.27 Penilaian subyektif citra *grayscale* hasil *watermarking*

Berdasarkan hasil penilaian MOS pada Gambar 4.26 dan 4.27 didapatkan bahwa performansi kualitas citra hasil *watermarking* menunjukkan nilai yang cukup baik dimana nilai rata-rata 4,7 untuk citra RGB dan 4,46 untuk citra *grayscale*. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas citra tergolong bagus dan citra

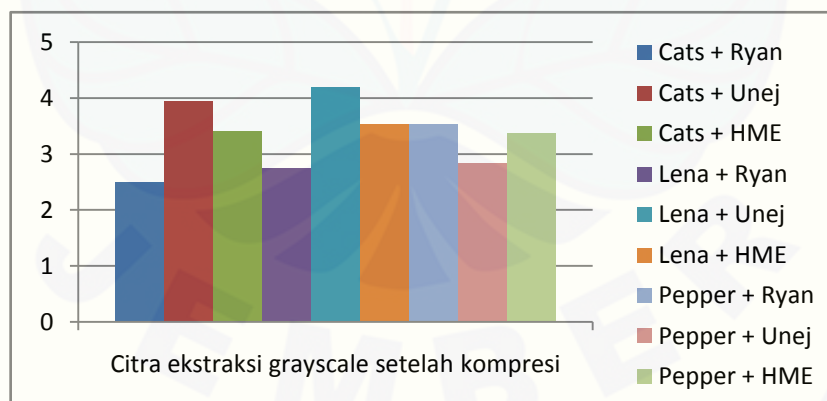
tidak mengalami penurunan kualitas yang signifikan dari proses *embedding watermarking*.

4.5.2 Analisis citra ekstraksi setelah kompresi

Penilaian yang dilakukan dengan melihat citra hasil ekstraksi dari citra hasil *watermarking* setelah diuji dengan proses kompresi DWT. Besarnya nilai penilaian adalah dengan terbaca atau tidaknya citra hasil ekstraksi. Berikut grafik performansi citra ekstraksi setelah kompresi.



Gambar 4.28 Penilaian subyektif citra ekstraksi RGB setelah kompresi



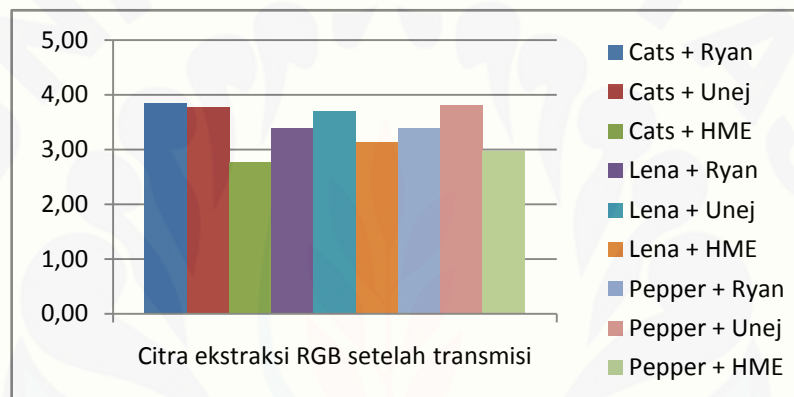
Gambar 4.29 Penilaian subyektif citra ekstraksi *grayscale* setelah kompresi

Gambar 4.28 dan 4.29 menunjukkan hasil MOS dari citra ekstraksi setelah proses kompresi. Data tersebut menunjukkan bahwa citra ekstraksi memiliki nilai rata-rata MOS 3,09 untuk citra RGB dan 3,39 untuk citra *grayscale*. Hal ini

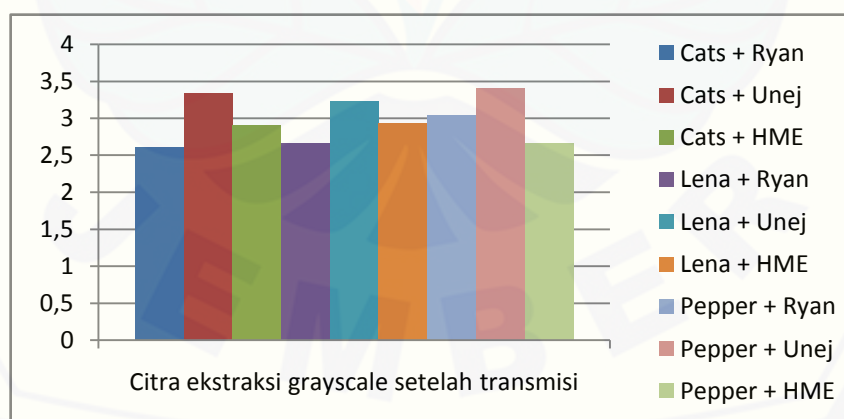
menunjukkan bahwa citra ekstraksi masih terbaca oleh responden walaupun dengan kurang jelas dan kualitas citranya tidak sempurna seperti sebelum dikompresi. Hal ini masih bisa diterima untuk fungsi autentifikasi.

4.5.3 Analisis citra ekstraksi setelah transmisi

Penilaian yang dilakukan dengan melihat citra ekstraksi dari citra hasil *watermarking* setelah diuji melalui proses transmisi citra dengan penambahan *noise*. Besarnya nilai penilaian adalah dengan terbaca atau tidaknya citra hasil ekstraksi. Berikut grafik performansi citra ekstraksi setelah transmisi.



Gambar 4.30 Penilaian subyektif citra ekstraksi RGB setelah transmisi



Gambar 4.31 Penilaian subyektif citra ekstraksi *grayscale* setelah transmisi

Dari Gambar 4.30 dan 4.31 dapat diketahui bahwa citra ekstraksi setelah proses tranmisi dan penambahan *noise* memiliki rata-rata nilai 3,46 untuk citra

RGB dan 2,97 untuk citra *grayscale*. Dengan rata-rata penilaian tersebut menunjukkan rata-rata responden masih dapat membaca citra tersebut walaupun dengan kurang jelas. Citra ekstraksi setelah proses transmisi ini sudah mulai sulit terbaca karena adanya pengaruh dari *noise*, tetapi dari hasil penilaian MOS bahwa citra ini tidak memiliki masalah untuk proses autentifikasi.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari analisa terhadap pengukuran secara obyektif maupun subyektif terhadap teknik *watermarking* dengan DWT dan pengujiannya dengan modulasi QPSK, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses *watermarking* pada citra *digital* dengan DWT dipengaruhi oleh beberapa hal, yaitu komposisi warna pada citra, dimensi citra, proses dekomposisi terhadap citra, dan koefisien pencampur yang digunakan. Dari penelitian yang dilakukan diperoleh data yang menyatakan bahwa hasil *watermarking* yang terbaik adalah *watermarking* citra *grayscale* dengan dimensi rendah dan proses dekomposisi satu level, serta menggunakan nilai koefisien pencampur sekecil mungkin.
2. Penelitian proses transmisi yang terdiri dari kompresi dan penambahan *noise*, menunjukkan bahwa citra hasil *watermarking* menunjukkan penurunan kualitas citra yang signifikan. Hal tersebut juga ditunjukkan dari nilai PSNR yang diperoleh dari hasil transmisi dengan modulasi QPSK. Dari data yang diperoleh diketahui bahwa citra RGB lebih baik pada saat dikompresi, dan citra *grayscale* lebih baik pada saat ditransmisikan.
3. Dari hasil pengujian yang mengurangi kualitas citra, diperoleh hasil ekstraksi citra *watermarking* yang tahan terhadap proses pengolahan citra terhadap citra penampungnya. Hal tersebut berdasarkan nilai PSNR dan penilaian MOS yang dilakukan terhadap citra ekstraksi. Dari penilaian PSNR dan MOS menunjukkan bahwa komposisi warna pada citra *watermark* RGB lebih tahan terhadap serangan dibandingkan citra *watermark grayscale*. Hasil ekstraksi juga menunjukkan sifat kebalikan dari proses pembentukan *watermarking* yaitu citra dengan ukuran besar lebih tahan terhadap proses pengolahan citra.

5.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan penelitian di masa mendatang yaitu sebagai berikut :

1. Kinerja teknik *watermarking* dapat ditingkatkan dengan menggabungkan metode-metode yang ada.
2. Studi lebih lanjut tentang tingkat kehandalan citra *watermarking* sehingga didapatkan *robustness* yang optimal dan sedikit terpengaruh pengolahan citra.
3. Penelitian tentang algoritma pemecahan *watermarking* atau penggunaan kunci yang berbeda pada proses ekstraksi sehingga tidak diperlukan citra aslinya.
4. Penelitian perbandingan teknik *watermarking* terhadap citra, audio, dan video dengan metode yang sama.
5. Pada proses *watermarking* dengan DWT, dapat dianalisa pengaruh perbandingan *mother wavelet* dari DWT.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfatwa, D. F. 2009. *Watermarking pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Ananta, A. 2009. *Simulasi Perbandingan Kinerja Modulasi M-Psk Dan M-Qam Terhadap Laju Kesalahan Data Pada Sistem Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Ariyus, D. 2006. *Kriptografi: Keamanan Data dan Telekomunikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Baharuddin. 2008. *Perbandingan Kinerja Citra Watermarking dengan Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosinus Transform (DCT)*. Padang: Universitas Andalas.
- Baharuddin & Anggraini, R. 2008. *Tranmisi Citra Medis Pada Kanal Wireless*. Padang: Universitas Andalas.
- Cahyana. 2007. *Teknik Watermarking Citra Berbasis SVD. s.1.* : National Conference on Computer Science & Information Technology.
- Deshlahra, A. 2013. *Analysis of Image Compression Methods Based On Transform and Fractal Coding*. India: National Institute of Technology.
- Ginan. 2011. *Pengolahan Citra Digital*. <http://ginan88.wordpress.com/2011/12/10/pengolahan-citra-digital/> [2 Maret 2014]
- Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. 2008. *Digital Image Processing, 3rd edition*. New Jesey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Hakim, A. R. 2012. *Analisa perbandingan Watermarking Image Menggunakan Discrete Wavelet Transform*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Institut Teknologi Bandung. 2004. *Teknik Steganography pada Citra Digital dengan Transformasi Wavelet*. Bandung: Institut Tekonologi Bandung.
- Mahjud, I. 2010. Pengkodean dan Transmisi Citra Digital yang Terkompresi dengan Wavelet dari *Jurnal Poli Rekayasa*. ISSN 1858-3709. Vol. 6 (1): 48-57.
- Matlab. 2012. *Creating Graphical User Interfaces*.

- Mehta, D. 2013. "Image Compression using DCT and DWT-Technique". *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology IJESRT*. ISSN : 2277-9655. Vol. 2 (8): 2133-2139. India: College of Engineering and Technology.
- Munir, R. 2010. *Image Watermarking untuk Citra berwarna dengan Metode Berbasis Korelasi dalam Ranah DCT*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rady, H. 2011. "Reyni's Entropy and Mean Square Error for Improving the Convergence of Multilayer Backpropagation Neural Networks : A Comparative Study". *International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS-IJENS*. ISSN: 117905-8282. Vol. 6 (5): 68-79. Egypt: El-Shorouk Academy.
- Sa'iyanti, N. P. & Pratiarso, A. (Tanpa Tahun). *Pembuatan Modul Praktikum Teknik Modulasi Digital FSK, BPSK, dan QPSK dengan Menggunakan Software*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Semarajana, G. 2007. *Analisis dan Simulasi Blind Watermarking dengan Transformasi Wavelet pada Citra Digital*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Telkom.
- Singh, A & Gahlawat, M. 2013. "Secure Data Transmission using Watermarking and Image Compression". *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET)*. ISSN 2278-1323. Vol. 2 (5): 1709-1715. India: BPS Mahila Vishwavidyalaya.
- Soefriyanto, A. A. (Tanpa Tahun). *Pengiriman Citra dengan Teknik Multiple Description Berbasis Perangkat Lunak*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sujanarko, B. & Wijayanto, Y. 2012. *Dasar-Dasar Pemrograman Simulink MATLAB serta Antarmuka menggunakan PCII710HG*. Jember : Universitas Jember
- Susanto, Lukman, Puspasari, Alamsyah. (Tanpa Tahun). *Digital Watermarking untuk Melindungi Informasi Multimedia dengan Metode Fast Fourier Transform (FFT)*. Palembang: STMIK Global Informatika MDP.
- Sutoyo, T. 2009. *Teknik Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: Andi.
- Tyas, L. A. 2011. *Watermarking Citra Digital Berbasis DWT-SVD dengan Detektor Non-Blind*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Xiong, F. 2000. *Digital Modulation Techniques*. Artech House.

Yulianto, A. 2009. *Image Processing Menggunakan Delphi (1)*.
<http://andyq3lectra.wordpress.com/2009/11/30/image-processing-menggunakan-delphi-1a/> [2 Maret 2014]



LAMPIRAN A. KUISIONER PENILAIAN SUBYEKTIF

***MEAN OPINION SCORE
DIGITAL IMAGE WATERMARKING***

Nama :

NIM :

PETUNJUK PENGISIAN

1. Penilaian ini untuk membandingkan citra asli dengan citra hasil *watermarking* secara kasat mata (visual manusia). *Watermarking* merupakan penyisipan citra ke dalam citra lain tanpa merubah citra aslinya.
2. Berilah tanda (✓) pada salah satu nilai di setiap citra sesuai dengan apa yang diamati. Terdapat 5 (lima) penilaian untuk **citra asli**, yaitu :

- *Excellent* (kualitas sangat baik) : 5
- *Fine* (kualitas tinggi) : 4
- *Passable* (kualitas cukup) : 3
- *Marginal* (kualitas rendah) : 2
- *Unuseable* (kualitas sangat rendah) : 1

Terdapat 5 (lima) penilaian untuk **citra ekstraksi**, yaitu :




















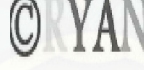
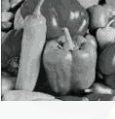






- Terbaca dengan jelas : 5
- Terbaca dengan kurang jelas : 4
- Terbaca tetapi tidak jelas : 3
- Terlihat tetapi tidak terbaca : 2
- Tidak terlihat dan tidak terbaca : 1

1. Citra Hasil Watermarking

a. RGB




No	Host + Logo	Hasil	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + 						
2	 + 						
3	 + 						
4	 + 						
5	 + 						
6	 + 						
7	 + 						
8	 + 						
9	 + 						

b. Grayscale






















No	Host + Logo	Hasil	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + 						
2	 + 						
3	 + 						
4	 + 						
5	 + 						
6	 + 						
7	 + 						
8	 + 						
9	 + 						

2. Citra Ekstraksi Setelah Kompresi

a. RGB

No	Host + Logo	Hasil Ekstraksi	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + 						
2	 + 						
3	 + 						
4	 + 						
5	 + 						
6	 + 						
7	 + 						
8	 + 						
9	 + 						

b. Grayscale











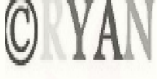
















No	Host + Logo	Hasil	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + © RYAN	© YAN					
2	 + 						
3	 + 						
4	 + © RYAN	© YAN					
5	 + 						
6	 + 						
7	 + © RYAN	© YAN					
8	 + 						
9	 + 						

3. Citra Ekstraksi Setelah Proses Transmisi

a. RGB

No	Host + Logo	Hasil	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + 						
2	 + 						
3	 + 						
4	 + 						
5	 + 						
6	 + 						
7	 + 						
8	 + 						
9	 + 						

b. Grayscale

No	Host + Logo	Hasil	Penilaian				
			1	2	3	4	5
1	 + 						
2	 + 						
3	 + 						
4	 + 						
5	 + 						
6	 + 						
7	 + 						
8	 + 						
9	 + 						

b. *Grayscale*

NAMA	NIM	Cats			Lena			Pepper		
		Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME
Machdha Fauzi	110810201045	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Daine Taufariska	110810201241	4	4	4	5	4	4	5	5	5
Septian Eko P.	101910201065	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bayu Prakoso S.	101910201051	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Yulanta P.	111910201072	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Edwin Bagus A.	111910201049	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Rian Kurniawan	101910201039	4	4	4	4	4	3	3	3	3
Awaluddin C. A	101910201058	4	4	4	4	4	3	3	3	3
Syuhada Arifiansyah	101910201074	4	2	2	3	3	3	4	2	4
Nuril Huda Al Anshori	102310101025	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Galuh Ajeng P.	112210101001	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Moh. Taufiqurrahman	102310101026	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Septian Cahya D.	102210101029	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Muji Suharsono	140710101147	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Bayu Triahandika	140710101149	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Erieq Septian W. M	111910201077	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Ingerit Damayanti	102210101071	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Firmansya	141710201033	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ach. Agus Pratama	140810201117	3	3	3	3	3	3	3	3	3
M. Arif Wahyudi	141910201067	5	4	5	5	4	5	4	5	4
Waldhy Rifki D.	141910101035	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Rizqi Afif	141910201036	5	5	3	4	4	3	5	4	4
Luqman Hakim A.	111910201052	4	4	4	3	3	3	3	4	4
Fathur Rahman S.	101910201073	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fathullah Hawari	101910201086	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M. Husni F.	101910201022	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ahmad Roni M.	101910201052	4	4	4	5	3	5	4	4	5
Iqbal Rifki A.	101910201069	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Nurdin Z. A	101910201042	5	5	5	5	5	2	2	2	2
Banu Tito R.	101910201080	5	5	5	5	5	5	5	5	5

2. MOS Citra ekstraksi hasil kompresi

a. RGB

NAMA	NIM	Cats			Lena			Pepper		
		Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME
Machdha Fauzi	110810201045	2	3	2	2	4	2	2	4	2
Daine Taufariska	110810201241	4	3	3	3	4	2	3	4	2
Septian Eko P.	101910201065	3	3	3	3	4	4	3	3	3
Bayu Prakoso S.	101910201051	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Yulanta P.	111910201072	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Edwin Bagus A.	111910201049	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rian Kurniawan	101910201039	1	1	1	1	2	2	2	2	2
Awaluddin C. A	101910201058	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Syuhada Arifiansyah	101910201074	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nuril Huda Al Anshori	102310101025	3	5	4	3	5	4	4	5	3
Galuh Ajeng P.	112210101001	3	5	4	4	5	5	4	5	4
Moh. Taufiqurrahman	102310101026	3	5	4	4	4	3	4	5	3
Septian Cahya D.	102210101029	3	5	4	3	5	4	3	5	4
Muji Suharsono	140710101147	3	5	4	3	4	5	3	5	4
Bayu Triahandika	140710101149	3	5	4	3	5	5	3	5	5
Erieq Septian W. M	111910201077	3	5	4	4	4	3	3	5	5
Ingerit Damayanti	102210101071	3	5	4	4	5	5	3	5	5
Firmansya	141710201033	2	3	3	2	2	3	2	3	3
Ach. Agus Pratama	140810201117	3	2	1	4	4	2	4	4	3
M. Arif Wahyudi	141910201067	4	2	2	3	4	4	2	4	3
Waldhy Rifki D.	141910101035	4	3	3	4	4	4	3	4	3
Rizqi Afif	141910201036	4	3	2	3	4	3	3	5	4
Luqman Hakim A.	111910201052	3	2	2	3	4	2	4	3	3
Fathur Rahman S.	101910201073	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Fathullah Hawari	101910201086	3	3	3	3	4	4	4	4	4
M. Husni F.	101910201022	3	3	3	3	3	2	2	3	2
Ahmad Roni M.	101910201052	3	4	4	3	4	3	3	4	4
Iqbal Rifki A.	101910201069	3	3	3	3	4	4	4	4	4
Nurdin Z. A	101910201042	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Banu Tito R.	101910201080	3	3	3	3	3	3	3	3	3

b. Grayscale

NAMA	NIM	Cats			Lena			Pepper		
		Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME
Machdha Fauzi	110810201045	2	5	3	2	5	3	2	5	2
Daine Taufariska	110810201241	2	5	4	3	5	3	3	5	2
Septian Eko P.	101910201065	2	3	3	3	4	3	3	4	4
Bayu Prakoso S.	101910201051	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Yulanta P.	111910201072	1	3	1	1	3	1	1	2	1
Edwin Bagus A.	111910201049	2	2	2	2	3	2	2	2	2
Rian Kurniawan	101910201039	1	2	3	2	4	2	2	1	1
Awaluddin C. A	101910201058	1	2	3	2	4	2	2	1	1
Syuhada Arifiansyah	101910201074	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nuril Huda Al Anshori	102310101025	3	5	4	3	5	4	4	5	3
Galuh Ajeng P.	112210101001	3	5	4	4	5	5	4	5	4
Moh. Taufiqurrahman	102310101026	3	5	4	4	4	3	4	5	3
Septian Cahya D.	102210101029	3	5	4	3	5	4	3	5	4
Muji Suharsono	140710101147	3	5	4	3	4	5	3	5	4
Bayu Triahandika	140710101149	3	5	4	3	5	5	3	5	5
Erieq Septian W. M	111910201077	3	5	4	4	4	3	3	5	5
Ingerit Damayanti	102210101071	3	5	4	4	5	5	3	5	5
Firmansya	141710201033	3	5	4	4	5	5	3	5	5
Ach. Agus Pratama	140810201117	4	4	2	1	4	1	4	4	1
M. Arif Wahyudi	141910201067	2	4	3	2	4	3	2	4	3
Waldhy Rifki D.	141910101035	3	4	4	3	5	4	3	5	4
Rizqi Afif	141910201036	3	4	3	3	4	4	3	4	4
Luqman Hakim A.	111910201052	2	2	2	3	2	4	4	3	3
Fathur Rahman S.	101910201073	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Fathullah Hawari	101910201086	3	5	5	3	5	5	3	5	5
M. Husni F.	101910201022	1	2	2	1	3	3	2	3	3
Ahmad Roni M.	101910201052	4	4	4	4	5	5	4	4	5
Iqbal Rifki A.	101910201069	3	5	5	3	5	5	3	5	5
Nurdin Z. A	101910201042	1	1	1	1	3	1	1	2	1
Banu Tito R.	101910201080	3	4	4	3	4	4	3	4	4

3. MOS Citra hasil transmisi

a. RGB

NAMA	NIM	Cats			Lena			Pepper		
		Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME
Machdha Fauzi	110810201045	5	3	2	3	3	1	4	4	1
Daine Taufariska	110810201241	5	5	2	5	5	2	5	5	2
Septian Eko P.	101910201065	3	3	3	3	3	3	2	3	3
Bayu Prakoso S.	101910201051	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Yulanta P.	111910201072	2	1	1	1	2	2	1	1	1
Edwin Bagus A.	111910201049	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rian Kurniawan	101910201039	3	2	2	2	2	2	2	2	1
Awaluddin C. A	101910201058	3	2	2	2	2	2	2	2	1
Syuhada Arifiansyah	101910201074	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nuril Huda Al Anshori	102310101025	4	5	4	3	5	4	4	5	3
Galuh Ajeng P.	112210101001	4	5	4	4	5	5	4	5	4
Moh. Taufiqurrahman	102310101026	4	5	4	4	4	3	4	5	3
Septian Cahya D.	102210101029	4	5	4	3	5	4	3	5	4
Muji Suharsono	140710101147	4	5	4	3	4	5	3	5	4
Bayu Triahandika	140710101149	4	5	4	3	5	5	3	5	5
Erieq Septian W. M	111910201077	4	5	4	4	4	3	3	5	5
Ingerit Damayanti	102210101071	4	5	4	4	5	5	3	5	5
Firmansya	141710201033	3	3	3	2	3	3	3	3	3
Ach. Agus Pratama	140810201117	5	4	1	5	4	1	5	5	1
M. Arif Wahyudi	141910201067	5	4	2	4	4	3	5	4	2
Waldhy Rifki D.	141910101035	4	4	2	4	4	2	4	4	2
Rizqi Afif	141910201036	5	4	3	5	4	3	4	4	3
Luqman Hakim A.	111910201052	4	3	3	3	4	3	2	3	2
Fathur Rahman S.	101910201073	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Fathullah Hawari	101910201086	5	5	5	5	5	5	5	5	5
M. Husni F.	101910201022	3	2	2	2	2	1	2	1	1
Ahmad Roni M.	101910201052	4	4	4	4	3	3	5	4	4
Iqbal Rifki A.	101910201069	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Nurdin Z. A	101910201042	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Banu Tito R.	101910201080	4	4	4	4	4	4	4	4	4

b. Grayscale

NAMA	NIM	Cats			Lena			Pepper		
		Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME	Ryan	Unej	HME
Machdha Fauzi	110810201045	2	1	1	2	1	1	4	3	1
Daine Taufariska	110810201241	2	3	2	3	4	2	2	3	1
Septian Eko P.	101910201065	2	3	3	2	2	3	3	3	3
Bayu Prakoso S.	101910201051	3	3	3	3	4	4	4	4	5
Yulanta P.	111910201072	1	3	1	1	3	1	1	2	1
Edwin Bagus A.	111910201049	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Rian Kurniawan	101910201039	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Awaluddin C. A	101910201058	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Syuhada Arifiansyah	101910201074	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nuril Huda Al Anshori	102310101025	3	5	4	3	4	5	3	5	3
Galuh Ajeng P.	112210101001	3	5	4	4	5	5	4	5	3
Moh. Taufiqurrahman	102310101026	3	5	4	4	4	3	4	5	3
Septian Cahya D.	102210101029	3	5	4	3	5	4	3	5	3
Muji Suharsono	140710101147	3	5	4	3	4	5	3	5	3
Bayu Triahandika	140710101149	3	5	4	3	5	5	3	5	3
Erieq Septian W. M	111910201077	3	5	4	4	4	3	3	5	3
Ingerit Damayanti	102210101071	3	5	4	4	5	5	3	5	3
Firmansya	141710201033	2	2	2	1	2	2	2	3	2
Ach. Agus Pratama	140810201117	1	1	1	1	1	1	4	4	1
M. Arif Wahyudi	141910201067	3	4	2	3	3	2	3	2	2
Waldhy Rifki D.	141910101035	3	3	2	3	3	2	3	2	2
Rizqi Afif	141910201036	3	3	2	2	2	2	3	1	1
Luqman Hakim A.	111910201052	3	4	4	2	3	2	4	3	2
Fathur Rahman S.	101910201073	3	3	4	3	4	4	4	4	5
Fathullah Hawari	101910201086	3	3	4	3	4	4	4	4	5
M. Husni F.	101910201022	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ahmad Roni M.	101910201052	4	5	4	4	5	3	4	4	4
Iqbal Rifki A.	101910201069	3	3	4	3	4	4	4	4	5
Nurdin Z. A	101910201042	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Banu Tito R.	101910201080	3	3	3	3	3	3	3	3	3