

ANALISIS DAN IMPLEMENTASI CITRA WATERMARKING DENGAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) – LIFTING WAVELET TRANSFORM (LWT) DAN SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD)

ANALYSIS AND IMPLEMENTATION OF IMAGE WATERMARKING USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) – LIFTING WAVELET TRANSFORM (LWT) AND SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD) METHODS

Pradipta Bagoes Santoso¹, Ratri Dwi Atmaja², Irma Safitri³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

1 pradiptabagoes@student.telkomuniversity.ac.id, 2 ratriidwiatmaja@telkomuniversity.ac.id,

3: irmasafitri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi yang pesat di dunia saat ini ikut mendorong pertumbuhan banyak bidang serta penyalahgunaan teknologi tersebut. Salah satunya adalah bidang komunikasi dan informasi termasuk multimedia, yang mencakup pembuatan *file* atau dokumen dalam bentuk teks, suara, gambar dan video. Kemudahan dalam memanipulasi, rekayasa serta distribusi dokumen digital seperti dokumen - dokumen multimedia dapat merugikan bagi pemilik tersebut.

Watermarking merupakan suatu bentuk dari *Steganography* (teknik untuk menyembunyikan suatu informasi pada suatu media tanpa diketahui dengan mudah). Teknik watermarking akan menyisipkan informasi digital yang disebut *Watermark* ke dalam suatu data digital yang disebut *carrier* atau *medium*. *Watermark* disisipkan dapat berupa teks biasa, audio, citra maupun video tergantung dari kemampuan media yang ditumpangnya. *Watermarking* biasanya dilakukan untuk perlindungan hak cipta terhadap suatu data digital sesuai dengan standar ITU-T. Tugas akhir ini membahas mengenai sistem watermarking pada citra yang ditumpangi watermark berupa teks. Metode yang digunakan adalah metode DWT - LWT dan SVD (*Discrete Wavelet Transform - Lifting Wavelet Transform dan Singular Value Decomposition*) serta proses penyisipan menggunakan QIM.

Hasil penelitian citra watermarking pada matlab yang menunjukkan nilai *bit error rate* yang mendekati nilai nol tanpa serangan dan nilai PSNR yang berada pada nilai 40 dB pada nbit 5 ke atas. Dengan teknik penyisipan QIM pada citra watermarking nilai PSNR menjadi lebih baik dari pada tanpa QIM. Namun dapat dilihat untuk ketahanan terhadap serangan cenderung tidak tetap atau fluktuatif.

Kata Kunci : *Watermarking, Steganography, DWT – LWT – SVD, QIM, PSNR, Bit Error Rate.*

Abstract

The rapid development of information technology in the world today also encourage the growth of many fields and the misuse of these technologies. One is the field of communication and information including multimedia, which includes the creation of files or documents in the form of text, sound, images and video. The ease of manipulating, engineering and distributing digital documents such as multimedia documents can be detrimental to the owner.

Watermarking is a form of Steganography (a technique for hiding information on a medium without being noticed easily). The watermarking technique will insert a digital information called Watermark into a digital data called a carrier or medium. Inserted watermarks can be plain text, audio, image or video depending on the capabilities of the media they are on. Watermarking is usually done for copyright protection against a digital data in accordance with ITU-T standards. This final project discusses the watermarking system on the image of watermarked watermark in the form of text. The methods used are DWT - LWT and SVD (Discrete Wavelet Transform - Lifting Wavelet Transform and Singular Value Decomposition) methods and insertion process using QIM.

The result of watermarking image on matlab showed bit error rate approaching zero without attack and PSNR value which is at 40 dB at nbit 5 upwards. With QIM insertion technique on watermarking image PSNR value becomes better than without QIM. But it can be seen for resistance to attacks tend to be fixed or fluctuate.

Keywords: *Watermarking, Steganography, DWT - LWT - SVD, QIM, PSNR, Bit Error Rate.*

1. Pendahuluan

Seperti yang dijelaskan pada [1], semakin berkembangnya teknologi citra watermarking saat ini banyak yang harus diperhatikan. Terutama keamanan dalam penyebaran citra, Internet menjadikan media dalam suatu kebutuhan dalam pertukaran informasi digital. Sedangkan data digital, baik yang berupa teks, gambar, suara dan gambar bergerak (video), memiliki karakteristik dalam penggandaan atau manipulasi data digital yang mudah dilakukan dengan hasil yang tepat sama dengan data digital aslinya, mudah juga didistribusikan seiring dengan

perkembangan teknologi Internet sebagai pertukaran informasi data, dan sedikit modifikasi yang terkadang tidak dapat dipersepsi oleh indera manusia.

Watermarking adalah teknik menyisipkan atau menyembunyikan informasi *watermark* ke dalam media seperti teks, gambar, suara, dan video. Informasi yang disisipkan dapat berupa gambar, suara, video, ataupun teks yang dengan hal ini dapat menjadi bukti akan kepemilikan data seseorang.

Metode yang akan digunakan salah satunya yaitu *Discrete Wavelet Transform (DWT)*. *DWT* telah digunakan dalam watermarking citra digital lebih sering karena sangat baik lokalisasi spasial dan multi-resolusi karakteristiknya, yang mirip dengan model teoritis dari sistem visual manusia. [2] Metode berikutnya adalah *Singular Value Decomposition (SVD)* merupakan generalisasi dari dekomposisi nilai *eigen* yang dapat digunakan untuk menganalisis *matriks* segiempat. Dengan menggunakan dekomposisi nilai *eigen*, akan mendekomposisi suatu matrik menjadi 2 *matriks* yang sederhana, sedangkan pada *SVD* akan mendekomposisi suatu matriks menjadi 3 *matriks* sederhana yaitu 2 *matriks orthogonal* dan 1 *matriks* diagonal. [3] Metode yang ketiga yaitu *LWT*, adalah sebuah pendekatan alternatif untuk *DWT* untuk mengubah gambar ke domain frekuensi untuk aplikasi real time. *Lifting wavelet* adalah generasi kedua *fast wavelet transform* serta dengan menggunakan teknik *QIM* pada saat penyisipan dapat meningkatkan kualitas citra yg baik.

Hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini adalah sistem *watermarking* yang memiliki toleransi penurunan kualitas serta performansi yang baik.

2. Dasar Teori

2.1 Citra Digital

Seperti yang dijelaskan oleh [4] Citra didefinisikan sebagai fungsi intensitas cahaya dua dimensi (x, y), dimana x dan y menyatakan koordinat spasial dan harga f pada sembarang titik (x, y) sebanding dengan skala keabuan (brightness) dari citra pada titik tersebut.

Citra digital merupakan citra kontinyu yang telah diubah ke dalam bentuk diskrit baik koordinat ruangnya maupun intensitas cahayanya, yang biasa diolah dalam bidang pengolahan citra. Citra digital dideskripsikan sebagai sebuah matriks yang indeks baris dan kolomnya merupakan titik pada citra dan nilai dari elemen matriks tersebut merupakan tingkat warna. Elemen ini dikenal sebagai elemen citra, elemen gambar (picture elements/pixel atau pels). Pixel dapat diartikan sebagai elemen terkecil dari suatu citra digital yang menentukan resolusi citra tersebut. Resolusi sendiri berbanding terbalik dengan pixel-nya, namun berbanding lurus dengan citra yang dihasilkan. Sehingga, semakin tinggi resolusi suatu citra berarti semakin kecil ukuran pixel-nya dan semakin baik kualitas dari citra yang dihasilkan.

2.2 Watermarking

Seperti yang dijelaskan oleh [6], suatu citra digital yang direpresentasikan dalam format digital mudah untuk disebarluaskan melalui internet dan dimanipulasi menggunakan image processing tools yang tersedia secara bebas. Jika citra digital merupakan suatu citra yang dilindungi masalah akan muncul seperti masalah kepemilikan, pelanggaran hak cipta, dan keaslian citra. Dalam dunia medis, suatu citra medis perlu dilindungi untuk menghindari resiko penggunaan citra medis yang tidak sebagaimana mestinya. Beberapa solusi yang telah ditawarkan untuk menyelesaikan masalah tersebut antara lain kriptografi, steganografi, dan watermarking. *Steganografi* merupakan ilmu menyembunyikan pesan rahasia sehingga keberadaan pesan rahasia tersebut tidak terdeteksi oleh indera manusia. Sedangkan *watermarking* merupakan bentuk dari *steganografi*. Perbedaan mendasar antara *steganografi* dengan *watermarking* adalah pada informasi yang dilindungi. *Steganografi* melindungi informasi yang disisipkan sedangkan *watermarking* melindungi media yang membawa informasi yang disisipkan. *Steganografi* dan *watermarking* memiliki keluaran berupa bentuk dan persepsi yang sama dengan bentuk aslinya bila dilihat oleh indera penglihatan manusia. Berbeda dengan kriptografi yang memiliki keluaran berupa bentuk data yang berbeda dengan bentuk aslinya dan data tersebut seolah-olah tidak memiliki arti bila dilihat oleh indera penglihatan manusia karena informasi yang dihasilkan bersifat acak. Dalam tugas akhir ini membahas tentang video watermarking untuk melindungi video. *Watermark* yang disisipkan bisa berupa teks, logo atau ekstraksi citra digital. Kemudian dapat disisipkan pada gambar dari beberapa frame atau pada audionya. Sehingga indera penglihatan tidak dapat mendeteksi namun dapat dideteksi oleh komputer.

2.3 Discrete Wavelet Transform

Seperti yang telah dijelaskan oleh [9], transformasi *wavelet* adalah sebuah transformasi matematika yang digunakan untuk menganalisis sinyal bergerak. Sinyal bergerak ini dianalisis untuk didapatkan informasi spektrum frekuensi dan waktunya secara bersamaan. Salah satu seri pengembangan transformasi *wavelet* adalah *Discrete Wavelet Transform (DWT)*.

[8] 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 dengan penskalaan dan transisi sederhana. Sedangkan di dalam *DWT*, penggambaran sebuah skala waktu sinyal *digital* didapatkan dengan menggunakan teknis filterisasi *digital*. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewati sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda.

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

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

2.4 Lifting Wavelet Transform

Dikutip dari [3], LWT dengan standar 4-tap ortonormal filter dengan dua momen menghilang digunakan untuk watermarking citra digital. LWT adalah sebuah pendekatan alternatif untuk DWT untuk mengubah gambar ke domain frekuensi untuk aplikasi real time. Lifting wavelet adalah generasi kedua fast wavelet transform. Dalam lifting transformasi wavelet, naik dan turun sampling digantikan hanya dengan split dan menggabungkan di masing-masing tingkat. Komponen polyphase dari sinyal yang disaring secara paralel dengan koefisien filter wavelet yang sesuai, menghasilkan hasil yang lebih baik daripada up dan down sampling yang diperlukan dalam pendekatan DWT tradisional. Dibandingkan dengan wavelet umum, rekonstruksi citra dengan mengangkat wavelet baik karena, meningkatkan kelancaran dan mengurangi efek aliasing. Menggunakan LWT mengurangi kehilangan informasi, meningkatkan keutuhan tertanam watermark pada gambar dan membantu meningkatkan kekokohan watermark.

2.5 Singular Value Decomposition

Seperti yang telah disampaikan oleh [2], definisi dari Singular Value Decomposition (SVD) merupakan generalisasi dari dekomposisi nilai eigen yang dapat digunakan untuk menganalisis matriks segiempat. Dengan menggunakan dekomposisi nilai eigen, akan mendekomposisi suatu matriks menjadi 2 matriks yang sederhana, sedangkan pada SVD akan mendekomposisi suatu matriks menjadi 3 matriks sederhana yaitu 2 matriks orthogonal dan 1 matriks diagonal. SVD juga merupakan metode yang menggunakan teorema dari aljabar linier.

2.6 Quantization Indeks Modulation

Metode optimasi *Quantization Index Modulation* atau QIM diperkenalkan Brian Chen dan Gregory W. Wornell pada tahun 1999 [11]. *Quantization Index Modulation* atau QIM adalah suatu skema penyisipan watermark dengan mengkuantisasi *host citra* dalam suatu indeks. Hasilnya kemudian disebut dengan *quantizer* yang dirancang mendekati dengan sinyal aslinya. Persamaan untuk dapat menyisipkan QIM dinyatakan sebagai berikut :

$$F'(0) = \begin{cases} Ak, & \text{jika } w = 0 \text{ dan } \arg \min |F(0) - Ak| \\ Bk, & \text{jika } w = 1 \text{ dan } \arg \min |F(0) - Bk| \end{cases}$$

Dimana :

$$Ak = (2k + \frac{1}{2}) \Delta; Bk = (2k - \frac{1}{2}) \Delta; \text{ dengan } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.12)$$

$F'(0)$ merupakan koefisien dari *watermarked image*, w adalah nilai bit watermark yang akan disisipkan. Ak dan Bk dipilih sesuai dengan nilai bit-bit watermark tersebut. Sedangkan persamaan untuk proses ekstraksi adalah :

$$\tilde{V}(k) = \text{mod}((F'(0) \Delta), 2)$$

Dimana $\tilde{V}(k)$ merupakan koefisien dari bit watermark yang telah diekstraksi.

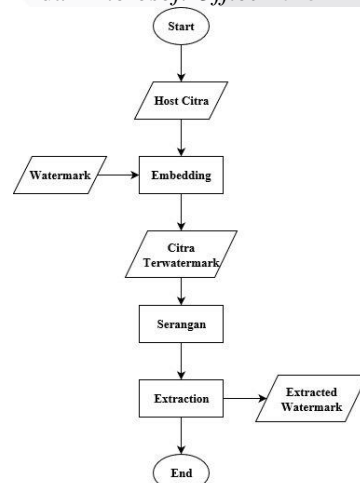
3. Perancangan Sistem

3.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Menjelaskan mengenai perangkat yang digunakan dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang terdiri dari beberapa perangkat keras dan lunak, yaitu :

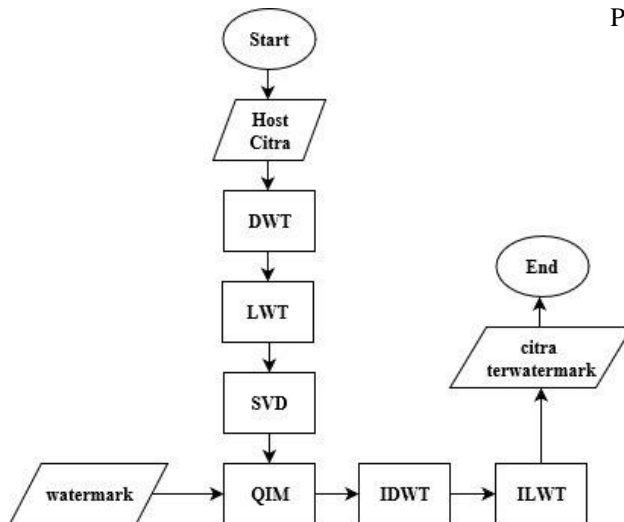
1. Perangkat keras :
Spesifikasi perangkat keras yang digunakan adalah: Satu buah laptop Asus, Spesifikasi *Processor Intel Core i7*, Sistem operasi *Windows 10 ultimate 64 bit*, RAM 4 GB, ROM 1 TB.
2. Perangkat lunak : *Operation System Windows 10 Ultimate 64 bit*, Aplikasi *image processing*, Matlab versi R2015a (pengimplementasian keseluruhan sistem watermark), dan *Microsoft Office 2013*

3.2 Model Sistem



Pada model sistem secara umum tersebut dapat dilihat bahwa Watermarking terbagi menjadi dua proses, yaitu penyisipan dan ekstraksi. Pada proses penyisipan, data yang berupa citra logo akan disisipkan ke citra host. Keluaran dari proses penyisipan ini adalah citra terwatermark. Keluaran dari sistem ini adalah citra terwatermark. Kemudian, citra tersebut diekstrak pada proses ekstraksi sehingga terpisah menjadi citra host terekstrak dan citra sisip rahasia tersebut.

3.3 Embedding

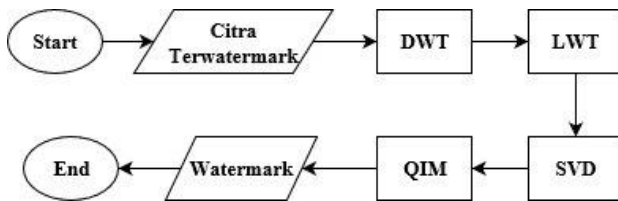


Gambar 3.2 Alur Embedding Watermarking

Proses penyisipan :

Mengambil dan membaca citra yang akan dijadikan sebagai host Transformasi wavelet, pertama citra host didekomposisi ke dalam empat ke subband LL, LH, HL, dan HH. Menentukan subband citra host. Menentukan subband pada LWT antara cA, cH, cV, dan cD Kemudian melalui SVD yang hasilnya berupa S, U, dan V. Dipilih U sebagai matriks yang diteruskan ke QIM. Pada QIM Matriks U akan disisipkan watermark. Sedangkan matriks S dan V akan diteruskan ke SVD *reconstruction*. Hasil dari QIM diteruskan ke SVD *reconstruction* untuk digabungkan kembali dengan matriks dan V. Kemudian dilanjutkan *Inverse DWT* untuk melakukan proses rekonstruksi wavelet terhadap subband baru kedalam layer. Dan dilanjut dengan ILWT untuk menghasilkan citra yang sudah terwatermark.

3.4 Ekstraksi



Gambar 3.3 Alur Ekstraksi Watermarking

Membaca *file* citra terwatermark. Citra host didekomposisi ke dalam empat ke subband LL, LH, HL, dan HH. Menentukan subband citra host. Ditentukan atau pengambilan subband LL level dua. Kemudian diteruskan LWT pada *subband* cH. Dan dilanjutkan pada SVD pada matriks U. Hasilnya akan masuk ke proses QIM untuk disematkan ke matriks U dari SVD *Decomposition*. Kemudian hasil keluarannya berupa citra sisip atau watermark yang asli.

4. Analisis Pengujian

4.1 Skenario Pengujian

Pada bab ini akan meneliti dua skenario pengujian yaitu pengujian sistem *embedding* dan pengujian sistem *extraction*.

1. Pengujian *embedding*

Pengujian sistem *embedding* bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan nilai dari parameter pada proses *embedding* terhadap nilai PSNR, MOS. Pengujian setiap parameter dilakukan dengan merubah salah satu nilai parameter sehingga pengaruh dari perubahan parameter tersebut dapat dianalisa.

Tabel 4.1 Parameter Uji Embedding

Parameter	Ragam Nilai Parameter
Bit Kuantisasi	1
	3
	5
	8
	10
Resolusi Host	128 x 128
	256 x 256
	512 x 512
	1024 x 1024
	2021 x 2021
Subband DWT	LL
	LH
	HL
	HH

2. Pengujian *extraction*

Pengujian sistem extraction bertujuan untuk mengetahui ketahanan citra watermark terhadap serangan yang diberikan setelah proses embedding dengan parameter paling optimal terhadap nilai BER, SSIM, dan PSNR. Pengujian dilakukan dengan memberikan serangan terhadap hasil embedding sehingga pengaruh dengan atau tanpa optimasi pada citra watermark dapat dianalisa.

Table 4.2 Parameter Uji Extraction

Parameter	Ragam Nilai Parameter
Rotate	90
	180
	270
Compression	25%
	50%
	75%
	100%
Scalling	50%
	100%
Salt and Paper Noise	0.001
	0.01
	0.1
AWGN	0.001
	0.01
	0.1

4.2 Analisa Pengaruh QIM

Analisis pengaruh QIM merupakan pengamatan bit kuantisasi merupakan level prosedur untuk membuat suatu syarat yang bersifat kontinu ke dalam bentuk diskret. Bit kuantisasi menentukan nilai delta karena pada proses QIM diketahui $\Delta = \frac{1}{2^{n-1}}$, dimana N = bit kuantisasi. Pada penelitian kali ini menguji antara bit kuantisasi 1, 2, 3,4, dan 5, dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Analisis Pengaruh QIM Bit Kuantisasi

Resolusi Watermark : 6x6 Resolusi Host : 512x512 Ruang warna : grayscale		
nbit	PSNR	BER
1	23.4369	0.32299
3	34.4704	0.235003
5	45.2039	0.133344
8	65.3448	0.004757
10	Inf	0

Dari tabel di atas bisa disimpulkan bahwa semakin besar bit kuantisasinya maka semakin baik nilai PSNR-nya. Faktor lain dengan semakin besar bit kuantisasinya maka semakin kecil nilai delta. Nilai *delta* mempengaruhi kualitas citra dimana semakin kecil deltanya semakin baik kualitas citra host yang sudah disisipkan.

4.3 Analisa Pengaruh Parameter – Parameter pada Citra Watermarking

4.3.1 Analisa Pengaruh Subband DWT

Pengujian objektif pengaruh subband DWT terhadap citra watermarking dengan parameter bit error rate dan PSNR, tabel dibawah berikut merupakan pengaruh subband DWT terhadap citra watermarked pada proses penyisipan dan ekstraksi.

Tabel 4.5 Analisa Pengaruh Subband DWT

Resolusi Watermark : 6x6 Resolusi Host : 512x512 Ruang warna : grayscale		
Subband DWT	BER	PSNR
LL	0.3125	Inf
LH	0.3194	Inf
HL	0.3264	Inf
HH	0.4757	Inf

Dapat dilihat dari hasil tabel diatas subband LL mempunyai nilai bit error rate paling kecil membuktikan bahwa subband LL tempat paling baik serta memiliki waktu penyisipan yang baik juga untuk dilakukan penyisipan pada citra watermarking.

4.3.2 Analisa Pengaruh Parameter Resolusi Citra Host

Resolusi *host* merupakan banyak *pixel host* yang disisipkan *watermark*. Pada penelitian kali ini menguji antara resolusi 128x128, 256x256, 512x512, 1024x1024, dan 2021x2021 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.6 Analisa Pengaruh Parameter Resolusi Citra Host

Resolusi Watermark : 6x6 Resolusi Host : 512x512 Ruang warna : grayscale		
Resolusi Host	BER	PSNR
128 x 128	0.058	24.6761
256 x 256	0.0037	Inf
512 x 512	0	Inf
1024 x 1024	0	Inf
2021 x 2021	0	Inf

Dapat dilihat dari hasil tabel diatas resolusi citra *host* terbaik dengan semakin tingginya resolusi citra tersebut berbanding lurus dengan hasil *bit error rate* maupun nilai PSNR nya. Membuktikan bahwa resolusi semakin tinggi akan semakin baik pula untuk dilakukannya penyisipan atau *watermarking*.

4.4 Analisa Ketahanan Watermark terhadap Serangan

4.4.1 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Rotate

Tabel 4.7 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Rotate

Nilai Serangan	Resolusi host 512x512 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10			Resolusi host 1024x1024 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10		
	BER	SSIM	PSNR	BER	SSIM	PSNR
90 ⁰	0.496528	1	Inf	0.472222	1	Inf
180 ⁰	0.496528	1	Inf	0.472222	1	Inf
270 ⁰	0.496528	1	Inf	0.472222	1	Inf

Berdasarkan nilai pada tabel yang diambil berdasarkan hasil serangan pada citra dengan parameter *embedding* terbaik. Dari tabel di atas bisa disimpulkan citra sisip lebih tahan dengan rotasi dengan pembalikan citra secara penuh. Teknik penyisipan QIM terhadap citra *watermark* membuat citra sisip masih baik terhadap serangan ini.

4.4.2 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Compression

Tabel 4.8 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Compression

Nilai Serangan	Resolusi host 512x512 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10			Resolusi host 1024x1024 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10		
	BER	SSIM	PSNR	BER	SSIM	PSNR
25 %	0.461806	0.779702	25.4551	0.534722	0.849932	28.304
50 %	0.461806	0.867449	27.7751	0.479167	0.913499	30.656
75 %	0.517361	0.928382	31.2872	0.5	0.951516	33.5879
100 %	0.489583	0.999667	60.5078	0.447917	0.999682	61.1039

Berdasarkan nilai pada tabel diambil dari hasil serangan pada citra dengan parameter *embedding* terbaik. Dari tabel di atas bisa disimpulkan citra sisip lebih tahan JPEG *Compression* dengan kualitas resolusi yang semakin tinggi. Metode penyisipan QIM terhadap citra sisip membuat citra sisip masih baik terhadap serangan ini.

4.4.3 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Scaling

Tabel 4.9 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Scaling

Nilai Serangan	Resolusi host 512x512 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10			Resolusi host 1024x1024 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10		
	BER	SSIM	PSNR	BER	SSIM	PSNR
50 %	0.461806	0.709419	24.259	0.465278	0.808574	26.9166
100 %	0.506944	0.839462	26.4394	0.534722	0.917035	30.1811

Dapat dilihat nilai pada tabel diambil dari hasil serangan pada citra dengan parameter *embedding* terbaik. Dari tabel di atas dapat disimpulkan citra sisip lebih tahan dengan penskalaan lebih kecil dari ukuran awal. Metode penyisipan QIM terhadap citra sisip membuat citra sisip masih baik terhadap serangan ini.

4.4.4 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Salt and Paper Noise

Tabel 4.10 Ketahanan Watermark terhadap Serangan Salt and Pepper Noise

Nilai Serangan	Resolusi host 512x512 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10			Resolusi host 1024x1024 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10		
	BER	SSIM	PSNR	BER	SSIM	PSNR
0.001	0.53125	0.979455	33.5974	0.482639	0.98048	34.2613
0.01	0.46875	0.838234	24.2503	0.489583	0.821223	24.3018
0.1	0.482639	0.280175	14.2463	0.451389	0.239773	14.2436

Berdasarkan nilai pada tabel diambil dari hasil serangan *salt and paper noise* pada citra dengan parameter *embedding* terbaik. Berdasarkan tabel di atas dapat disimpulkan citra sisip lebih tahan dengan nilai variansi yang lebih kecil pada citra host. Metode penyisipan QIM terhadap citra *watermark* membuat citra host lebih aman terhadap serangan ini karena dapat dilihat dari hasil SSIM tersebut.

4.4.5 Ketahanan Watermark terhadap Serangan AWGN

Tabel 4.11 Ketahanan Watermark terhadap Serangan AWGN

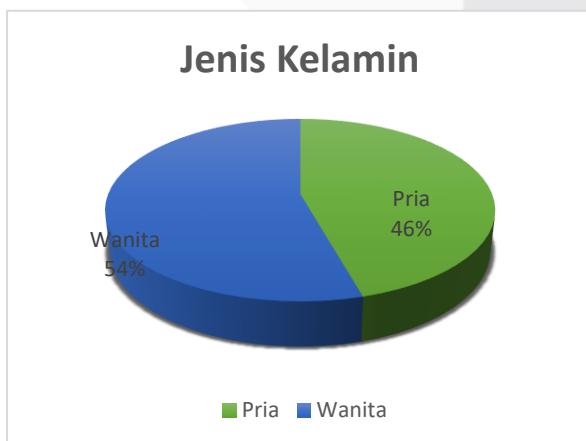
Nilai Serangan	Resolusi host 512x512 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10			Resolusi host 1024x1024 Resolusi watermark 6x6 Nbit : 10		
	BER	SSIM	PSNR	BER	SSIM	PSNR
0.001	0.111111	0.802727	30.6309	0.496528	0.773543	30.6196
0.01	0.496528	0.435106	21.0819	0.503472	0.380921	21.0735
0.1	0.53125	0.11856	12.1085	0.534722	0.0919226	12.1037

Berdasarkan nilai pada tabel diambil dari hasil serangan *Additive White Gaussian Noise* pada citra dengan parameter *embedding* terbaik. Dari tabel di atas dapat disimpulkan citra sisip tidak menahan dengan ragam nilai yang lebih besar. Teknik penyisipan QIM terhadap citra sisip membuat lebih rentan terhadap serangan ini, kecuali jika nilai serangan sangat kecil.

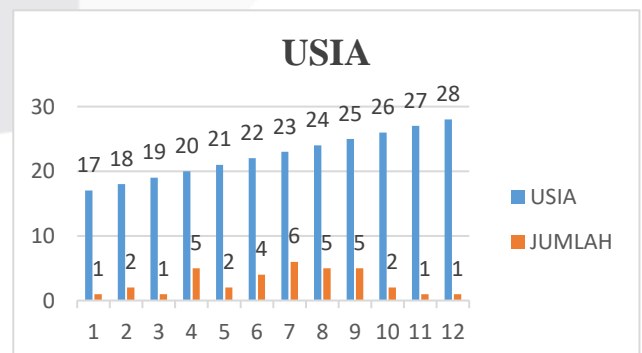
4.5 Analisa Mean Opinion Score

Pengujian secara subjektif dengan dilakukan metode *Mean Opinion Score* Sebanyak 35 responden yang telah mengisi kuesioner yang dibuat sebagai bagian dari rangkaian penelitian ini. Adapun kuesioner berupa citra host yang sudah disisipkan citra *watermark*, yang sebelumnya sudah dioptimasi dengan teknik penyisipan QIM maupun yang tidak dengan teknik penyisipan QIM. Bentuk dari kuesioner dan daftar responden terlampir di lampiran.

Gambar 4. 0-1 Grafik Jenis Kelamin

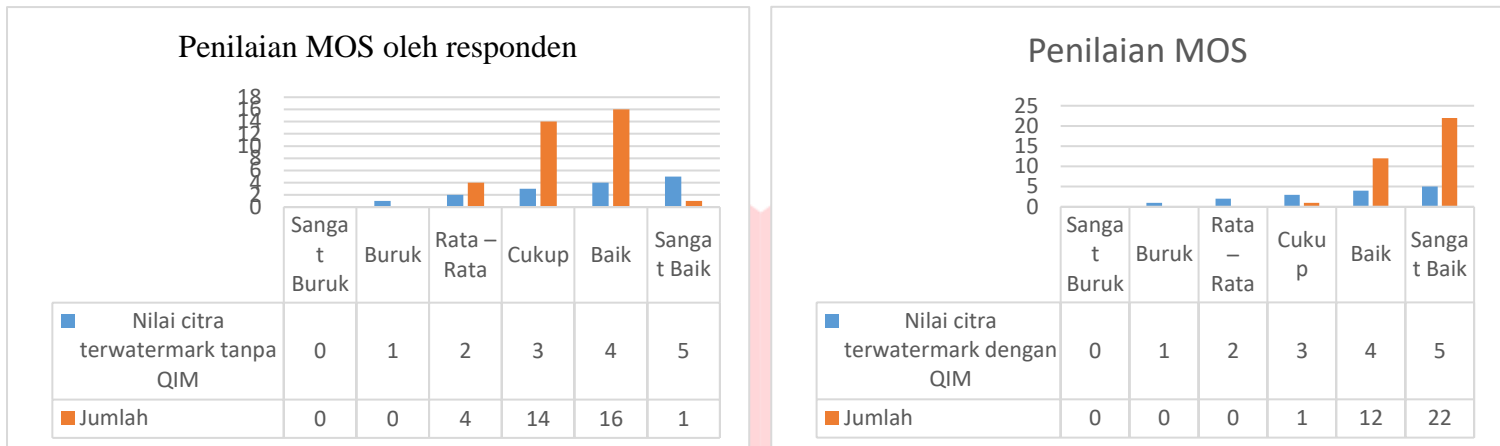


Gambar 4. 0-2 Grafik Usia



Berdasarkan rekapitulasi data responden diatas, maka dapat didata dari kuesioner yang sudah diisi oleh 35 responden dapatmenghasilkan data sebagai berikut :

Gambar 4. 0-3 Grafik Penilaian MOS oleh Responden



Tabel 4.12 Hasil Rekapitulasi MOS

	Citra Watermarked dengan QIM	Citra Watermarked tanpa QIM
Mean Opinion Score (MOS)	4.588	3.441

Berdasarkan Tabel MOS diatas menunjukkan mata manusia atau *human visual* cenderung lebih susah melihat perbedaan antara teknik penyisipan QIM daripada dengan yang tidak menggunakan teknik penyisipan QIM.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Proses citra watermarking menggunakan citra watermarking menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform – Lifting Wavelet Transform* dan *Singular Value Decomposition* terbukti dapat direalisasikan.
2. Metode penyisipan QIM terbukti memberikan efek baik pada kualitas embedding pada citra watermarking dengan melihat nilai nbit yang dimasukan berbanding lurus dengan PSNR dan BERnya.
3. Peran *lifting wavelet transform* dari penelitian sebelumnya dapat meningkatkan ketahanan watermark terhadap serangan sehingga menghasilkan nilai *bit error rate* dan PSNR yang lebih baik.
4. Ukuran resolusi citra host dan besar bit kuantisasi berbanding lurus dengan besar PSNR maupun hasil *bit error rate* yang semakin membaik.
5. Pemberian serangan terhadap citra yang telah diberi citra *watermark*. Dengan perbedaan resolusi citra host dapat disimpulkan dengan resolusi gambar yang lebih tinggi terbukti lebih tahan terhadap serangan.
6. Kemudian hasil dari *Mean Opinion Score* yang didapatkan berada pada nilai yang berkisar antara 3.441 - 4.588 berdasarkan nilai pengelihatn manusia berada pada nilai yang cukup baik.

5.2 Saran

Berdasarkan tugas akhir yang dilakukan dengan penjelasan pengujian, analisis, dan kesimpulan dari penelitian yang telah dirancang, masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis memberi saran untuk penelitian selanjutnya yang bertujuan untuk memperoleh hasil dan penelitian yang lebih baik, yaitu :

1. Menggunakan teknik penyisipan yang lain.
2. Menggunakan metode yang lebih baik lagi.
3. Menggunakan jenis file host yang lain seperti audio dan video.
4. Menggunakan jenis citra sisip yang lain seperti teks atau audio dan lain – lain.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. M. h. A. A. S. Hanaa A. Abdallah, "A blind spread spectrum wavelet based image watermarking algorithm," 2009.
- [2] H. Abdi, "Single Value Decomposition and Generalized Single Value Decomposition," 2007.
- [3] S. G. K. M. Kokare, "Lifting Wavelet Transform with Singular Value Decomposition for Robust Digital Image Watermarking," 2012.
- [4] F. H. Pugar, "Blind Watermarking Pada Citra Digital Menggunakan Discrete Wavelet Transform dan M-ary Modulation," Bandung, Telkom University, 2016.
- [5] A. Khadir and A. Susanto, "Pengolahan Cirta, Teori dan Aplikasi," Yogyakarta, 2012.
- [6] R. Agustina, "Teknik Watermarking Menggunakan AMBTC dan IWT untuk Pendeteksian dan Perbaikan Citra Termanipulasi," 2011.
- [7] C. D. Yullinda, "IMPLEMENTASI WATERMARKING DENGAN METODE DISCRETE COSINE TRANSFORM (DCT) PADA CITRA DIGITAL," 2008.
- [8] D. F. Alfatwa, "WATERMARKING PADA CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM," 2007.
- [9] D. Sripathi, "Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transforms Using Fpgas," 2003.
- [10] A. Rahadian, "Analisis dan Implementasi Image Watermarking Citra Medis Menggunakan Algoritma Singular Value Decomposition (SVD) dan Discrete Wavelet Transform (DWT)," 2016.
- [11] B. C. Gregory W. Wornell, "Quantization Index Modulation: A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding," 2001.