

WATERMARKING CITRA MEDIS MENGGUNAKAN METODE DISCRETE COSINE TRANSFORM-DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN SINGULAR VALUE DECOMPOSITION

THE MEDICAL IMAGE WATERMARKING USING DISCRETE COSINE TRANSFORM-DISCRETE WAVELET TRANSFORM AND SINGULAR VALUE DECOMPOSITION METHOD

Fityanul Aditya¹, Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T.², Ledy Novamizanti, S.Si., M.T.³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

fityanuladitya2@gmail.com¹, jangkung.raharjo@gmail.com², @telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Pada tugas akhir ini telah diteliti sebuah proses *watermarking* citra medis yang disisipi data berupa dua buah citra menggunakan metode *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT), dan *Singular Value Decomposition* (SVD). Terdapat juga skema pengujian terhadap citra medis yang telah disisipi *watermark* untuk mengetahui ketahanan dari *watermark*. Proses penyisipan dilakukan dengan menggabungkan nilai *singular* hasil SVD kedalam citra asli yang telah melalui proses DCT dan DWT.

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah citra medis yang sudah melalui proses *watermarking* menggunakan metode DCT-DWT-SVD dan pengujian dengan menggunakan beberapa jenis serangan serta membandingkan hasil pengujian dengan metode DWT-SVD. Dari pengujian yang dilakukan diketahui bahwa metode DCT-DWT-SVD memiliki ketahanan yang baik dari beberapa jenis serangan dibandingkan metode DWT-SVD. Pada metode DCT-DWT-SVD diperoleh nilai PSNR 38,7244 dB dan SSIM 0,9802.

Kata Kunci : *Watermarking, Discrete Cosine Transform, Discrete Wavelet Transform, Singular Value Decomposition*

Abstract

In this final project, a medical image watermarking process which is inserted into the patient's data in form of two image using Discrete Cosine Transform (DCT), Discrete Wavelet Transform (DWT), and Single Value Decomposition (SVD). There is also a testing scheme for medical images that have been inserted with a watermark to determine the resistance of the watermark. The insertion process is done by combining the singular value of SVD results into DCT-DWT coefficient in the original image

The result of the final assignment is a medical image that has gone through a watermarking process using DCT-DWT and SVD methods and testing using several types of attacks and compare with DWT-SVD method. DCT-DWT-SVD method is more robustness than DWT-SVD method. From the test, DCT-DWT-SVD method has the PSNR value is 38,7244 dB and the SSIM value is 0,9802.

Keywords : *Watermarking, Discrete Cosine Transform, Discrete Wavelet Transform, Singular Value Decomposition.*

1. Pendahuluan

Kemajuan internet saat ini menyebabkan informasi dalam berbagai bentuk dan media dapat tersebar dengan cepat. 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 satunya pada area *Telemedicine* [1]

Watermarking adalah salah satu cara untuk melindungi data atau informasi suatu media dengan cara menyisipkan atau menyembunyikan sebuah informasi *watermark* kedalam media yang akan dilindungi seperti teks, gambar, suara, atau video [2].

DCT akan mengubah sinyal menjadi komponen frekuensi dasar. DCT memiliki ketahanan yang baik dari beberapa jenis serangan yang memanipulasi citra [3][4]. DWT memiliki ketahanan yang baik dalam menerima jenis serangan dan memiliki transparansi yang cukup baik sehingga informasi yang disisipkan tidak akan terlihat [5]. SVD dapat secara efektif mengungkapkan properti penting dari matriks gambar, sehingga sering digunakan dalam aplikasi pemrosesan gambar seperti *digital watermarking*. SVD memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan dan mempercepat waktu komputasi dari sistem [6].

2. Dasar Teori

2.1 Image/Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dapat diolah oleh komputer. 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 nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut [2].

Citra dapat dideskripsikan sebagai sebuah data 2 dimensi dalam bentuk matriks $M \times N$, dimana M menyatakan jumlah kolom, dan N menyatakan jumlah baris. Pada Gambar 1, elemen terkecil dari citra disebut piksel, dimana sebuah piksel adalah sampel dari pemandangan yang mengandung intensitas citra yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Sebuah citra digital adalah kumpulan piksel-piksel yang disusun dalam larik dua dimensi. Indeks baris dan kolom (x,y) dari sebuah piksel dinyatakan dalam bilangan bulat. Piksel $(0,0)$ terletak pada sudut kiri atas citra, indeks x bergerak ke kanan dan indeks y bergerak ke bawah

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & \dots & f(0,N-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M-1,0) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

Gambar 1. Matriks Citra Digital

2.2 Citra Medis

Citra medis adalah citra yang mempresentasikan bagian dalam pada tubuh manusia yang dihasilkan melalui teknologi medis untuk digunakan dalam tujuan-tujuan tertentu, misalnya untuk tujuan diagnosa. Terdapat kebutuhan perlindungan terhadap citra medis digital, yaitu [1]:

1. *Origin authentication*, yaitu autentikasi kepemilikan ataupun sumber awal citra. Suatu citra medis harus bisa diidentifikasi kepemilikannya dengan benar, sehingga info kepemilikan ini harus tetap tersimpan dengan baik yang berarti harus tahan terhadap modifikasi citra yang mungkin terjadi.
2. *Integrity control*, yaitu pengecekan terhadap keaslian suatu citra. Apakah suatu citra medis sudah mengalami modifikasi atau belum. Dibutuhkan suatu informasi yang berkaitan dengan integritas citra dan harus rentan terhadap modifikasi yang mungkin terjadi dalam proses pendistribusian citra

2.3 Watermarking

Watermarking merupakan teknik penyisipan informasi tertentu kedalam sebuah data digital. Informasi yang akan disisipkan disebut dengan *watermark*. *Watermark* bisa berupa teks, logo, atau ekstraksi ciri dari sebuah data digital. Penyisipan *watermark* yang dilakukan tidak akan merusak data digital yang telah disisipi dan tidak dapat dideteksi oleh indera penglihatan manusia [5].

Watermarking memiliki beberapa karakteristik yang menentukan bagaimana kualitas *watermarking* itu pada saat menghadapi serangan yang diberikan, yaitu:

1. *Fragile*

Image Watermarking akan mengalami kerusakan apabila terkena serangan *nonmalicious* dan serangan *malicious*. Serangan *nonmalicious* adalah serangan yang biasa terjadi pada penggunaan citra ber*watermark*, misalnya kompresi, penambahan noise, dan *cropping*. Sedangkan serangan *malicious* adalah serangan yang tujuan utamanya adalah menghilangkan *watermark* atau membuat *watermark* tidak dapat terdeteksi oleh detector.

2. *Security*

Watermarking harus tahan terhadap kegiatan yang bertujuan untuk memindahkan atau meng-*copy watermark* dari suatu multimedia data ke multimedia data lainnya.

3. *Robustness*

Image watermarking harus tetap tahan terhadap serangan seperti kompresi, penambahan noise, atau *cropping*.

2.4 Discrete Cosine Transform

DCT adalah suatu teknik untuk mengubah sinyal kedalam komponen frekuensi dasar. Keunggulan DCT yaitu, walaupun *image* di kompresi dengan *lossy compression* tidak akan menimbulkan kecurigaan karena metode ini terjadi pada domain frekuensi di dalam sebuah *image*, bukan pada domain spasial sehingga tidak akan ada perubahan yang terlihat pada *image* yang di proses [3].

$$F(u, v) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} f(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{2N}\right) \quad (2.1)$$

$$f(i, j) = \alpha(u)\alpha(v) \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) \cos\left(\frac{(2i+1)u\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)v\pi}{2N}\right) \quad (2.2)$$

Discrete Cosine Transform 2-D (DCT 2-D) berguna untuk mengubah representasi citra (dua dimensi atau 2-D) dari domain spasial menjadi domain frekuensi yaitu dengan melakukan pengumpulan energi dan nilai-nilai yang ada merupakan bilangan yang riil [3].

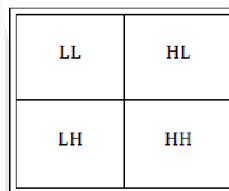
2.5 Singular Value Decomposition

Singular Value Decomposition merupakan generalisasi dari dekomposisi nilai eigen yang dapat digunakan untuk menganalisis matriks. Pada Singular Value Dcomposition akan mendekomposisi suatu matriks menjadi 3 matriks sederhana yaitu dua matriks orthogonal dan satu matriks diagonal [6].

2.6 Discrete Wavelet Transform

Dasar dari DWT dimulai pada tahun 1976 dimana teknik untuk mendekomposisi sinyal waktu diskrit ditemukan. Pada DWT, sinyal dianalisis menggunakan seperangkat fungsi dasar yang saling berhubungan dengan penskalaan dan transisi sederhana. Sedangkan, di dalam DWT, penggambaran sebuah skala waktu sinyal digital didapatkan dengan menggunakan teknik filterisasi digital. Secara garis besar proses dalam teknik ini adalah dengan melewatkan sinyal yang akan dianalisis pada filter dengan frekuensi dan skala yang berbeda [7].

DWT akan mendekomposisi citra menjadi empat jenis subband yang berbeda, yaitu frekuensi rendah (LL), dan tiga frekuensi tinggi seperti horizontal (HL), vertikal (LH), dan diagonal (HH). Sebagai sebuah fungsi dalam matematika, DWT sangat tepat digunakan dalam watermarking. Hal ini disebabkan karena DWT dapat mengidentifikasi bagian citra asli yang cocok untuk menyisipkan watermark secara efektif [7].

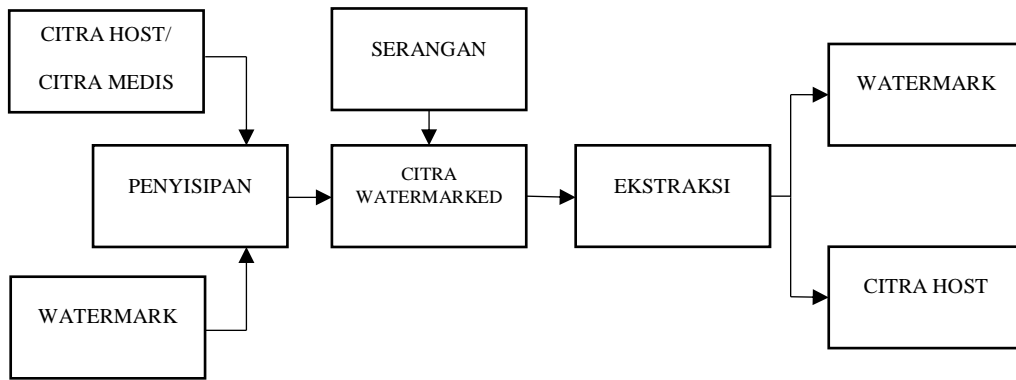


Gambar 2. Komponen Citra dengan Dekomposisi DWT

3 Perancangan sistem

3.1 Desain Model

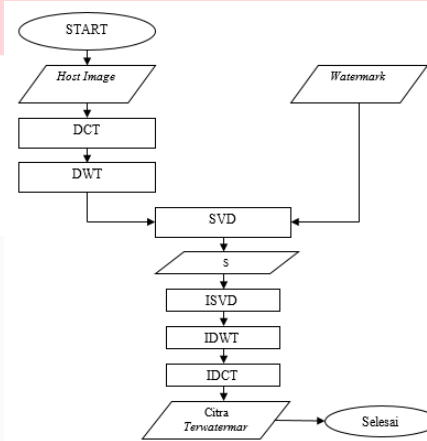
Secara umum model sistem yang dirancang untuk citra *watermarking* dengan *watermark* berupa citra dapat dilihat pada Gambar 2. Pada Gambar 2 dijelaskan proses secara umum *watermarking* yang terbagi menjadi dua proses, yaitu proses penyisipan dan proses ekstraksi. Selain proses penyisipan dan proses ekstraksi terdapat juga skenario proses serangan untuk menguji ketahanan dari *watermark* yang telah disisipkan kedalam citra host. Citra host yang digunakan berupa citra medis yang diubah kedalam bentuk citra *grayscale* dengan ukuran 1024x1024 piksel dan 2 buah citra *watermark* berupa citra biner dan citra *grayscale* berukuran 128x128 piksel.



Gambar 3. Desain Model Umum

3.2 Proses Embedding

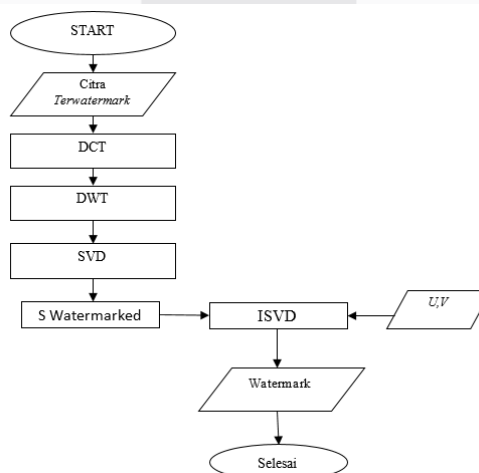
Proses *Embedding* atau penyisipan merupakan proses penyisipan *watermark* ke dalam host yang akan digunakan. Citra host yang digunakan berupa citra medis dan citra watermark berupa citra *grayscale* dan citra biner. Diagram blok proses penyisipan *watermarking* akan ditunjukkan pada Gambar 4:



Gambar 4. Diagram Blok Proses Penyisipan (*Embedding*)

3.3 Proses Extraction

Proses ekstraksi merupakan proses pengambilan kembali *watermark* yang telah disisipkan pada sebuah host. Diagram blok proses ekstraksi *watermarking* akan ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Diagram Blok Proses Ekstraksi (*Extraction*)

3.4 Performansi Sistem

Analisis kualitas hasil dari penyisipan *watermark* terhadap citra host atau citra medis dengan mengukur nilai berdasarkan parameter *Mean Square Error* (MSE), *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR), *Bit Error Rate* (BER), dan *Structural Similarity Index* (SSIM).

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

Merupakan perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya noise yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (3.1)$$

Kualitas suatu citra dapat dikatakan baik apabila nilai PSNR lebih dari 40 dB tetapi jika suatu citra memiliki nilai PSNR yang kurang dari 30 dB maka kualitas citra yang dihasilkan pada saat ekstraksi dikatakan kurang baik.

b. *Mean Square Error* (MSE)

Main Square Error (MSE) merupakan suatu cara untuk menghitung kualitas citra yang dihasilkan pada sistem yang dibuat. Secara sistematis persamaan untuk mendapatkan nilai MSE dapat dituliskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{1}{M.N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (g(x,y) - f(x,y))^2 \quad (3.2)$$

dengan M menyatakan lebar citra carrier, N menyatakan panjang citra carrier, $f(x,y)$ menyatakan intensitas piksel dari citra asli pada koordinat (x,y) , dan $g(x,y)$ menyatakan intensitas piksel dari citra watermarking pada koordinat (x,y) .

c. *Bit Error Rate* (BER)

Merupakan parameter untuk menghitung tingkat kesalahan bit yang diterima oleh sistem setelah proses ekstraksi watermark. BER didapat setelah melakukan perbandingan antara bit-bit hasil ekstraksi dan bit-bit awal yang disisipkan. Adanya perbedaan antara keduanya dapat dikatakan sebagai error dan sejumlah bit yang benar akan dibagi dengan keseluruhan bit yang ada dan akan didapatkan nilai BER dalam persen.

$$BER = \frac{\text{Jumlah Bit Salah}}{\text{Jumlah Bit Keseluruhan}} \times 100\% \quad (3.3)$$

Semakin kecil nilai BER yang dihasilkan, maka semakin sedikit tingkat kesalahan pada saat *watermark* diekstrak.

d. *Structural Similarity Index* (SSIM)

Untuk mendapatkan nilai *similarity* antara citra hasil dekompresi dengan citra asli sebelum dilakukan proses kompresi. SSIM dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini :

$$SSIM = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (3.4)$$

Dimana μ_x dan μ_y adalah mean dari citra X dan Y, σ_{xy} menyatakan covariance citra X terhadap Y, σ_x^2 menyatakan varian dari citra X, σ_y^2 menyatakan varian dari citra Y, C_1 adalah $(k_1L)^2$ dan C_2 adalah $(k_2L)^2$ dimana L adalah *dynamic range* citra ($2^{bit} - 1$) dengan nilai default $k_1=0,01$ dan $k_2=0,03$. Nilai SSIM yaitu antara 0 sampai dengan 1, dimana jika hasil perhitungan semakin mendekati 1 maka dapat dikatakan citra hasil dekompresi sama persis dengan citra aslinya.

4 Hasil percobaan dan analisa

4.1 Hasil Pengujian dan Analisis Tanpa Serangan

Pengujian menggunakan citra medis sebagai citra host dengan ukuran 1024x1024 piksel dan dua buah buah citra *watermark* yaitu citra *grayscale* dan citra biner dengan masing-masing berukuran 128x128 piksel. Untuk hasil pengujian citra host tanpa serangan dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil pengujian citra host tanpa serangan

Citra Host (Citra Medis)	MSE	PSNR (dB)	BER	SSIM
Citra Host A	0,93	38,7049	0,0508	0,9763
Citra Host B	0,85	38,7053	0,0517	0,9835
Citra Host C	0,94	38,7044	0,0511	0,9796
Citra Host D	0,94	38,7686	0,0507	0,9759
Citra Host E	0,98	38,7535	0,0520	0,9911
Citra Host F	0,94	38,7054	0,0500	0,9775
Citra Host G	0,94	38,7097	0,0510	0,9780
Citra Host H	0,94	38,7235	0,0509	0,9816
Citra Host I	0,93	38,7424	0,0514	0,9830
Citra Host J	0,92	38,7269	0,0510	0,9766
Rata-rata	0,934	38,7244	0,0516	0,9802

Pada Tabel 1 diatas diperoleh nilai PSNR sebesar 38,7244 dB dengan nilai MSE 0,934 dan nilai SSIM sebesar 0,9624. Dari hasil pengujian tanpa serangan tersebut diketahui bahwa citra *watermark* yang telah diekstrak memiliki bentuk yang tidak sama lagi dengan citra *watermark* sebelum disisipkan. Hal ini dapat diketahui dengan nilai SSIM yang diperoleh tidak memiliki nilai 1 tetapi 0,9802.

4.2 Hasil Pengujian dan Analisis Terhadap Serangan

Pengujian ini menggunakan citra host dengan ukuran 1024x1024 piksel dan dua buah citra *watermark* dengan ukuran 128x128 piksel. Serangan yang akan diberikan yaitu *noise salt and pepper*, *noise gaussian*, dan kompresi JPEG dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Noise Salt and Pepper* = *Noise density* 0.0001, 0.001, dan 0.01
- Noise Gaussian* = *Sigma* 1, 5, dan 10
- Kompresi JPEG = *Quality* 25 dan 75
- Rotasi = *Rotate* 30 dan 60

4.3 Hasil Pengujian dan Analisis Serangan *Noise Salt and Pepper*

Tabel 2 Hasil pengujian serangan *noise salt & pepper*

Citra Host	Nilai Density Noise Salt and Pepper			Nilai Density Noise Salt and Pepper			Nilai Density Noise Salt and Pepper		
	0,0001			0,001			0,01		
	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM
Citra Host A	0,0513	38,3137	0,9738	0,0516	38,3447	0,9735	0,0531	38,2732	0,9654
Citra Host B	0,0522	38,5050	0,9735	0,0523	38,4964	0,9730	0,0532	38,4636	0,9646
Citra Host C	0,0515	38,4031	0,9737	0,0517	38,3967	0,9668	0,0530	38,3362	0,9659
Citra Host D	0,0504	38,3664	0,9762	0,0515	38,3577	0,9657	0,0531	38,2904	0,9655
Citra Host E	0,0524	38,5527	0,9742	0,0524	38,5463	0,9724	0,0531	38,5121	0,9623
Citra Host F	0,0516	38,4045	0,9705	0,0518	38,3949	0,9697	0,0531	38,3277	0,9652
Citra Host G	0,0516	38,4093	0,9736	0,0517	38,4622	0,9716	0,0530	38,3478	0,9660
Citra Host H	0,0517	38,4226	0,9746	0,0519	38,3897	0,9683	0,0535	38,3585	0,9659
Citra Host I	0,0524	38,4213	0,9747	0,0512	38,3861	0,9697	0,0529	38,3590	0,9654
Citra Host J	0,0520	38,4192	0,9741	0,0514	38,3780	0,9740	0,0529	38,3473	0,9635
Rata-Rata	0,0517	38,4217	0,9738	0,0517	38,4152	0,9704	0,0530	38,3615	0,9649

Dari data pengujian diatas, diperoleh bahwa pengaruh nilai *density* terhadap nilai PSNR adalah semakin kecil nilai *density* yang digunakan, maka nilai PSNR yang diperoleh akan semakin baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai *density* 0,001 memperoleh nilai PSNR yang lebih baik dari nilai *density* 0,001 dan 0,01 yaitu 38,4217 dB.

4.4 Hasil Pengujian dan Analisis Serangan *Noise Gaussian*

Tabel 3. Hasil pengujian serangan *noise gaussian watermark A*

Citra Host	Nilai <i>Sigma Noise Gaussian</i>			Nilai <i>Sigma Noise Gaussian</i>			Nilai <i>Sigma Noise Gaussian</i>		
	1			5			10		
	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM
Citra Host A	0,0531	38,6014	0,9762	0,0533	38,5974	0,9697	0,0534	38,5968	0,9630
Citra Host B	0,0532	38,6227	0,9751	0,0532	38,6160	0,9656	0,0533	38,6091	0,9644
Citra Host C	0,0531	38,6205	0,9701	0,0532	38,6094	0,9645	0,0534	38,6002	0,9544
Citra Host D	0,0531	38,6146	0,9718	0,0532	38,6059	0,9625	0,0533	38,5969	0,9588
Citra Host E	0,0532	38,6244	0,9763	0,0533	38,6176	0,9703	0,0533	38,6111	0,9606
Citra Host F	0,0531	38,6151	0,9696	0,0532	38,6059	0,9702	0,0534	38,5989	0,9601
Citra Host G	0,0531	38,6168	0,9779	0,0533	38,6079	0,9645	0,0533	38,6001	0,9579
Citra Host H	0,0529	38,6159	0,9724	0,0531	38,6072	0,9701	0,0533	38,5996	0,9624
Citra Host I	0,0530	38,6167	0,9725	0,0533	38,6098	0,9697	0,0533	38,5983	0,9617
Citra Host J	0,0529	38,6221	0,9750	0,0534	38,6150	0,9681	0,0534	38,5938	0,9633
Rata-Rata	0,0530	38,6170	0,9736	0,0532	38,6092	0,9675	0,0533	38,6004	0,9606

Dari data pengujian diatas, diperoleh bahwa pengaruh nilai *sigma* terhadap nilai PSNR adalah semakin kecil nilai *sigma* yang digunakan, maka nilai PSNR yang diperoleh akan semakin baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai *sigma* 1 memperoleh nilai PSNR yang lebih baik dari nilai *sigma* 5 dan 10 yaitu 38,6170 dB.

4.5 Hasil Pengujian dan Analisis Serangan Kompresi JPEG

Tabel 4. Hasil pengujian serangan kompresi JPEG

Citra Host	Nilai <i>Quality Kompresi JPEG</i>			Nilai <i>Quality Kompresi JPEG</i>		
	25			75		
	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM
Citra Host A	0,0542	38,3378	0,9633	0,0531	38,3549	0,9752
Citra Host B	0,0544	38,4805	0,9642	0,0532	38,5053	0,9751
Citra Host C	0,0543	38,3731	0,9633	0,0531	38,4044	0,9731
Citra Host D	0,0542	38,3512	0,9658	0,0530	38,3681	0,9718
Citra Host E	0,0542	38,5317	0,9646	0,0531	38,5535	0,9718
Citra Host F	0,0539	38,3825	0,9601	0,0530	38,4054	0,9695
Citra Host G	0,0543	38,3886	0,9639	0,0530	38,4097	0,9679
Citra Host H	0,0542	38,3989	0,9664	0,0529	38,4235	0,9725
Citra Host I	0,0538	38,3836	0,9657	0,0530	38,4098	0,9727
Citra Host J	0,0539	38,3756	0,9663	0,0529	38,3892	0,9729
Rata-Rata	0,0541	38,4003	0,9673	0,0529	38,4223	0,9722

Dari data pengujian diatas, diperoleh bahwa pengaruh nilai *quality* terhadap nilai PSNR adalah semakin besar nilai *quality* yang digunakan, maka nilai PSNR yang diperoleh akan semakin baik. Hal ini dibuktikan dengan nilai *quality* 75 memperoleh nilai PSNR yang lebih baik dari nilai *quality* 25 yaitu 38,4223 dB.

4.6 Hasil Pengujian dan Analisis Serangan Rotasi

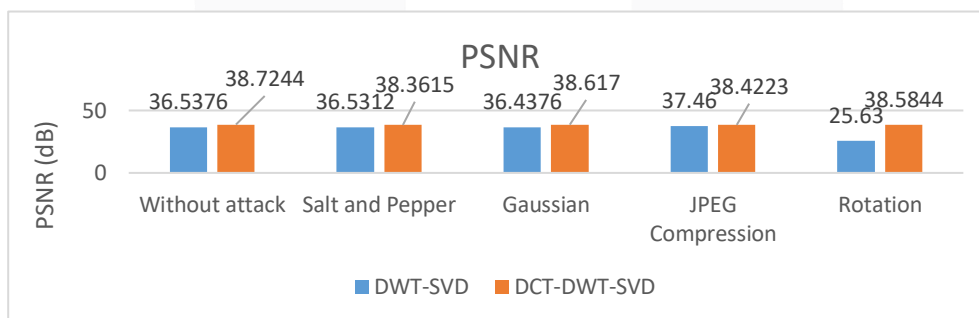
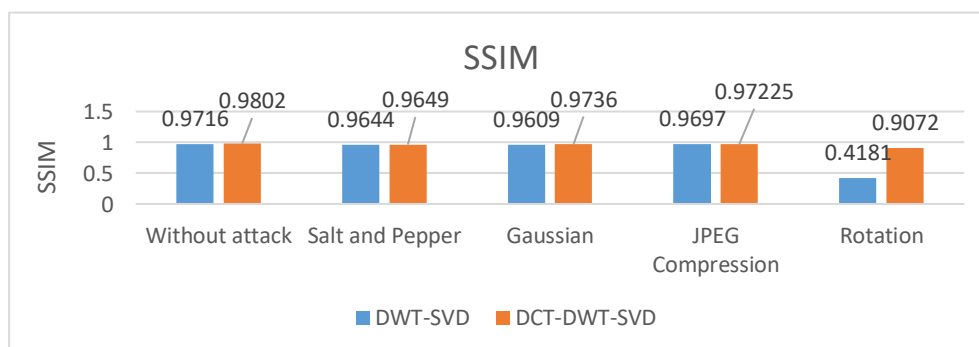
Tabel 5. Hasil pengujian serangan rotasi

Citra Host	Nilai Rotate Rotasi			Nilai Rotate Rotasi		
	30			60		
	BER	PSNR (dB)	SSIM	BER	PSNR (dB)	SSIM
Citra Host A	0,0535	38,5695	0,9000	0,0531	38,4635	0,9000
Citra Host B	0,0534	38,5997	0,9204	0,0529	38,4697	0,9118
Citra Host C	0,0534	38,5882	0,9008	0,0528	38,4685	0,9004
Citra Host D	0,0499	38,5725	0,8999	0,0527	38,4620	0,8999
Citra Host E	0,0534	38,6046	0,9472	0,0528	38,4646	0,9215
Citra Host F	0,0535	38,5787	0,9007	0,0529	38,4677	0,9003
Citra Host G	0,0534	38,5829	0,9008	0,0528	38,4636	0,9002
Citra Host H	0,0535	38,5844	0,9001	0,0530	38,4644	0,8999
Citra Host I	0,0541	38,5842	0,9015	0,0527	38,4642	0,9005
Citra Host J	0,0534	38,5798	0,9010	0,0528	38,4688	0,9003
Rata-Rata	0,0532	38,5844	0,9072	0,05285	38,4657	0,9034

Dari data pengujian diatas, diperoleh bahwa pengaruh nilai *quality* terhadap nilai PSNR adalah semakin besar nilai *rotate* yang digunakan, maka nilai PSNR yang diperoleh akan semakin kecil. Hal ini dibuktikan dengan nilai *rotate* 30 memperoleh nilai PSNR yang lebih baik dari nilai *rotate* 60 yaitu 38,5844 dB.

4.7 Hasil Pengujian dan Analisis dengan Metode DWT-SVD

Untuk mengetahui bagaimana perbedaan antara metode DCT-DWT-SVD dan metode DWT-SVD dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Pada Gambar 9 diperlihatkan bagaimana perbandingan nilai PSNR dan nilai SSIM yang dihasilkan dari masing-masing metode. Pada nilai PSNR, metode DCT-DWT-SVD memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode DWT-SVD.

**Gambar 9.** Perbandingan nilai PSNR**Gambar 10.** Perbandingan nilai SSIM

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan beberapa pengujian dan analisis sistem image watermarking menggunakan *Discrete Cosine Transform*, *Discrete Wavelet Transform*, dan *Singular Value Decomposition*, maka dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan pengujian dan analisis sistem *image watermarking* dengan metode DCT-DWT-SVD didapatkan nilai MSE 0,934, PSNR 38,7244 dB, BER 0,0516, dan SSIM 0,9802.
2. Berdasarkan pengujian, diketahui bahwa metode yang diusulkan yaitu metode DCT-DWT-SVD memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode DWT-SVD, baik dari segi nilai PSNR maupun dari segi nilai SSIM
3. Sistem ini dapat dikatakan kurang baik dikarenakan pada saat tidak diberikan sebuah serangan nilai BER yang didapatkan tidak bernilai 0. Hal ini membuktikan bahwa *watermark* yang telah diekstrak menjadi tidak sama seperti pada saat disisipkan.
4. Sistem ini memiliki ketahanan yang cukup baik dikarenakan pada saat diberi serangan, *watermark* memiliki nilai SSIM dan PSNR yang tidak terlalu berbeda dengan nilai SSIM dan PSNR pada saat *watermark* tidak diberi serangan.

5.2 Saran

Dalam melakukan penyusunan tugas akhir ini terdapat beberapa kekurangan oleh karena itu melalui buku Tugas Akhir ini penulis memberikan beberapa saran penelitian yang diberikan dalam tugas akhir ini untuk pengembangan sistem watermarking kedepannya:

1. Menggunakan metode *compression sensing*
2. Menggunakan jenis host yang berbeda seperti audio atau video
3. Menggunakan jenis *watermark* yang berbeda seperti teks dan lainnya

Daftar Pustaka:

- [1] J. Zain, "Security in Telemedicine: Watermarking Medical Image," in 3 rd International Conference: Sciences of Electronic, Technologies of Information and Telecommunications, Tunisia, 2005.
- [2] T. Lia Ayuning, *Watermarking Citra Digital Berbasis DWT-SVD Dengan Detektor Non-Blind*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011
- [3] C Pradhan, V Saxena, A K Bisoi. Non Blind Digital Watermarking Technique using DCT and Cross Chaos Map. in International Conference on Communications, Devices and Intelligent Systems (CODIS), Kolkata, 2012
- [4] C. U. I. Delong, L. Qirui, Y. U. Guilan, and X. Jianbin, "Content Based Audio Watermarking Method To Resist De- Synchronization Attacks," *ICINS 2014 Int.Conf. Information Netw. Secur.*, pp. 0-5, 2014
- [5] Kang, Xiangui, Jiwu Huang, Yun Q. Shi, and Yan Lin. "A DWT-DFT composite watermarking scheme robust to both affine transform and JPEG compression." *IEEE transactions on circuits and systems for video technology* 13, no. 8 (2003): 776-786.
- [6] A. Shnayderman, A. Gusev, and A. M. Eskicioglu, "An SVD-based grayscale image quality measure for local and global assessment," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 15, no. 2, pp. 422-429, Feb 2006.
- [7] D. Sripathi, "Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transform using FPGAs," Florida State University, Florida, 2003.