

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

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

Saiful Azis¹, Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T.², Yunendah Nur Fuadah, ST., MT.³

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

saiful@student.telkomuniversity.ac.id¹, jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id²,

yunendah@telkomuniversity.ac.id³

Abstrak

Perkembangan teknologi informasi saat ini begitu pesat dikarenakan sangat memudahkan aktivitas manusia. Hal tersebut telah menyentuh berbagai aspek kehidupan termasuk dunia medis salah satunya Electronic health record (EHR). Salah satu fitur utama dari EHR adalah informasi kesehatan dapat dibuat dan dikelola oleh penyedia resmi dalam format digital yang dapat dibagikan dengan penyedia lain yang lebih dari satu organisasi kesehatan

Pada penelitian ini akan dilakukan watermarking dengan menggunakan metode *Discrete Sine Transform* (DST), *Lifting Wavelet Transform* (LWT) dan *Single Value Decomposition* (SVD). DST dan LWT akan memproses citra medis dan penggabungan antara citra medis sebagai host dengan citra watermark pada proses SVD. Pada skenario tertentu citra terwatermark akan diberi serangan untuk mengetahui ketahanan yang dihasilkan.

Adapun hasil yang didapatkan adalah nilai PSNR 54,3953 dB dan SSIM 0,9737. Hasil ini menandakan bahwa watermarking ini memiliki kualitas yang baik karena PSNR berada diatas 40 dB.

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

Abstract *The exchange of information technology is currently so fast because it greatly facilitates human activity. The current era of information technology has touched various aspects of life including the medical world, one of which is the Electronic health record (EHR). One of the main features of the EHR is that health information can be created and managed by official providers in digital format that can be shared with other providers who are more than one health care organization.*

In this research, watermarking will be carried out using Discrete Sine Transform (DST), Lifting Wavelet Transform (LWT) and Single Value Decomposition (SVD) methods. DST and LWT will process the medical image and merge between the medical image as a host and the watermark image in the SVD process. In certain scenarios, the watermarked image will be given an attack to find out the durability produced.

The results obtained are PSNR 54,3953 dB and SSIM values 0,9737. These results indicate that this watermarking has good quality because PSNR is above 40 dB. Keywords : *Watermarking, Discrete Sine Transform, Lifting Wavelet Transform, Singular Value Decomposition.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi informasi saat ini begitu pesat lantaran sangat memudahkan aktivitas manusia. Banyak orang bergantung pada jaringan digital yang merupakan bagian dari teknologi informasi. Video, gambar, dan audio sangat mudah ditransmisikan dari suatu tempat ketempat yang lain tanpa kehilangan kualitas aslinya

Watermarking citra medis sudah beberapa diteliti dengan metode – metode tertentu. Ada yang memakai penggabungan antara *Singular Value Decomposition* (SVD) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT), Huffman Code – *Discrete Wavelet Transform* (DWT) - *Singular Value Decomposition* (SVD), dan *Compress Sensing* (CS), terakhir adalah *Discrete Cosine Transform* (DCT) – *Discrete Wavelet Transform* (DWT) – *Singular Value Decomposition* (SVD). Pada penelitian kali ini akan dilakukan watermarking dengan penggabungan metode yang sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu metode *Discrete Sine Transform* (DST) – *Lifting Wavelet Transform* (LWT) – *Singular Value Decomposition* (SVD).

DST akan menyatakan fungsidomain waktu atau sinyal dalam jumlah sinusoidal dengan perbedaan frekuensi dan amplitude [4]. LWT dengan standar 4-tap ortonormal filter dengan dua momen menghilang digunakan untuk watermarking citra digital. LWT adalah generasi kedua dari fast wavelet transform.

Menggunakan LWT mengurangi kehilangan informasi, meningkatkan keutuhan tertanam watermark pada gambar dan membantu meningkatkan kekokohan watermark [4]. Dibandingkan dengan wavelet umum, LWT melakukan rekonstruksi citra dengan mengangkat wavelet baik karena dapat meningkatkan kelancaran dan mengurangi efek aliasing. SVD dapat secara efektif mengungkapkan properti penting dari matriks gambar, sehingga sering digunakan dalam aplikasi pemrosesan gambar seperti *digital watermarking*. Penggunaan SVD dalam teknik *watermarking* untuk menemukan SVD pada citra *cover*, lalu memodifikasi nilai *singular* yang akan digunakan untuk penyisipan *watermark*. SVD memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan dan mempercepat waktu komputasi dari sistem [5].

2. Dasar Teori

2.1 Image/Citra

Citra adalah gambaran suatu keadaan yang diambil dengan pencuplikan satu kali dan data dimanifestasikan dalam bentuk 2 dimensi yang tidak bergerak. Berdasarkan jenis warnanya, citra dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu citra RGB, citra grayscale, dan citra biner. Citra RGB (*Red, Green, Blue*) merupakan citra yang nilai intensitas pikselnya tersusun oleh tiga kanal warna yaitu merah, hijau, dan biru. Citra grayscale adalah citra yang nilai intensitas pikselnya berdasarkan derajat keabuan. Sedangkan citra biner adalah citra yang hanya memiliki dua nilai intensitas, yaitu 0 (hitam) dan 1 (putih).

2.2 Citra Medis

Citra medis adalah citra yang diciptakan untuk mendiagnosa suatu penyakit sekaligus menambah pengetahuan medis tanpa harus melakukan pembedahan secara fisik. Citra medis mengandung informasi yang sangat vital yang harus terjaga keasliannya karena dari sana dapat diagnose suatu penyakit untuk nanti ditindaklanjuti.

Jenis citra yang digunakan dalam penelitian Tugas akhir adalah sebagai berikut:

1. *Computed Tomography* (CT)

Computed Tomography (CT), juga biasa disebut sebagai CAT scan, yaitu metode pencitraan medis yang menggabungkan beberapa proyeksi X-ray yang diambil dari sudut yang berbeda untuk menghasilkan gambar cross-sectional yang terperinci dari area di dalam tubuh. Gambar CT memungkinkan dokter untuk mendapatkan tampilan 3D yang sangat tepat pada bagian tubuh tertentu, seperti jaringan lunak, panggul, pembuluh darah, paru-paru, otak, jantung, perut, dan tulang. CT juga sering digunakan untuk mendiagnosis banyak kanker, seperti kanker hati, paru-paru, dan pankreas.

2. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)

Magnetic Resonance Imaging (MRI) adalah teknologi pencitraan medis yang menggunakan gelombang radio dan medan magnet untuk membuat gambar rinci organ dan jaringan. MRI telah terbukti sangat efektif dalam mendiagnosis sejumlah dengan menunjukkan perbedaan antara jaringan lunak normal dan tubuh berpenyakit.

3. *X-ray*

Teknologi *X-ray* adalah bentuk citra medis tertua dan paling umum digunakan. *X-ray* menggunakan radiasi pengion untuk menghasilkan gambar struktur internal seseorang dengan mengirimkan *X-ray* melalui tubuh, yang diserap dalam jumlah yang berbeda tergantung pada kepadatan bahan. Selain itu, yang termasuk dalam perangkat "tipe *X-ray*" adalah mamografi, radiologi intervensi, radiografi terkomputasi, radiografi digital, dan CT. Terapi radiasi adalah jenis perangkat yang juga memanfaatkan *X-ray*, sinar gamma, berkas electron atau proton untuk mengobati kanker [9].

2.3 Watermarking

Watermarking adalah suatu teknik penyisipan data kecil pada data yang lebih besar untuk menjaga keaslian suatu data [10]. Data yang disisipi diberi nama host dan data yang disisipkan diberi nama data *watermark*. Data host bisa berupa gambar, video, atau audio dan data *watermark* bisa berupa teks, logo, audio, atau ekstraksi

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 berwatermark, misalnya kompresi, penambahan noise, dan *cropping*. Sedangkan serangan *malicious* adalah serangan yang tujuannya 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 Sine Transform

Discrete Sine Transform (DST) merupakan sebuah metode atau teknik untuk mengubah sinyal kedalam komponen frekuensi dasar. Dalam transformasi matematika, DST juga yang merubah dan mengambil sinyal dari domain sinus ke domain frekuensi.

$$X(k) = DST [x(n)] \triangleq \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin\left[\frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}\right] \quad (1)$$

$$x = AX \quad (2)$$

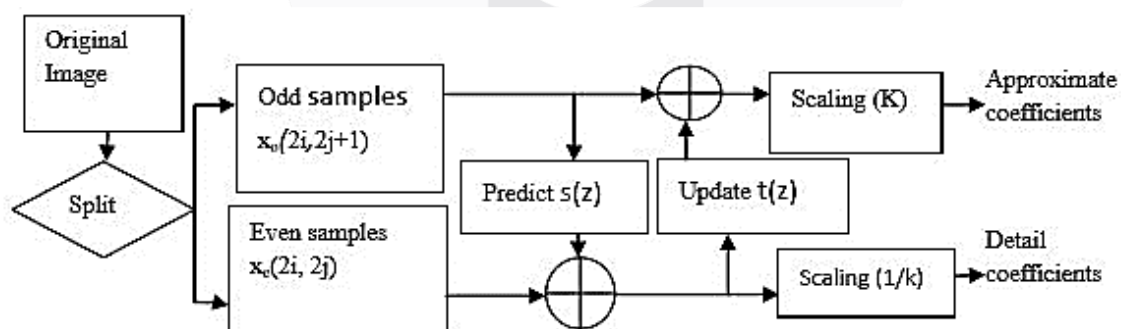
2.5 Singular Value Decomposition

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

2.6 Lifting Wavelet Transform

Dikutip [3], LWT dengan standar 4-tap ortonormal filter digunakan untuk watermarking citra digital. Pada LWT, dilakukan pendekatan alternatif untuk DST untuk mengubah gambar ke domain frekuensi untuk aplikasi real time. Sedangkan di dalam DST, 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 dan skala yang berbeda.

Lifting wavelet adalah non linear transformasi wavelet, yang tidak menggunakan bawah dan atas sampling. Hal ini juga memiliki efisiensi komputasi yang lebih baik. LWT ini juga berguna untuk menghindari adanya artefak batas yang umumnya hadir dalam wavelet umum. Lifting transformasi juga memberikan beberapa keuntungan seperti persyaratan less memory, mengurangi distorsi dan efek aliasing, rekonstruksi yang baik, kurangnya perhitungan dan kompleksitas komputasi. Mempekerjakan SVD dalam kombinasi dengan LWT mengarah untuk memudahkan dalam pengambilan watermark, meningkatkan ketahanan watermark, menyebarkan watermark melalui keluar spectrum, dan menanamkan property non-invertible untuk watermarking tersebut



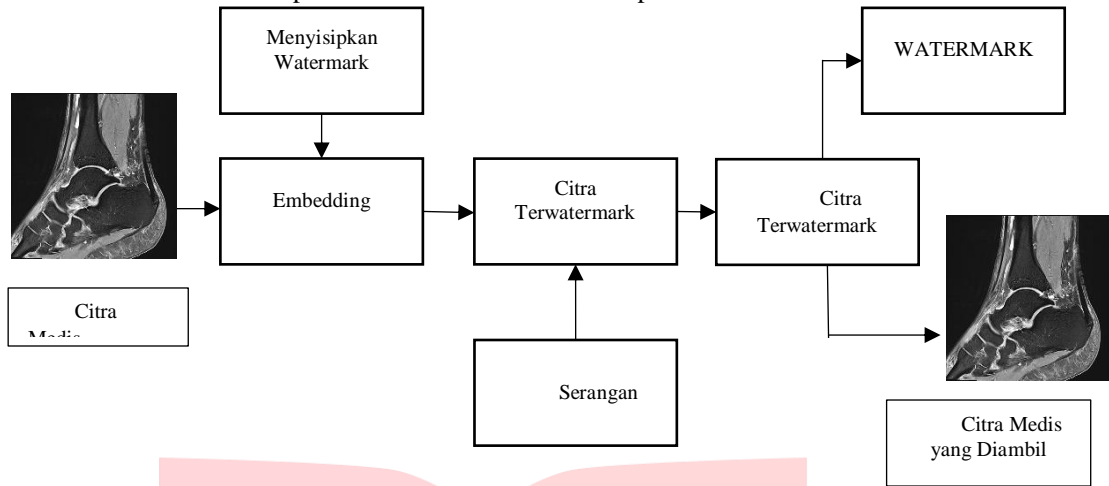
Gambar 2. Gambar Asli yang Ditranformasikan ke Domain LWT

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

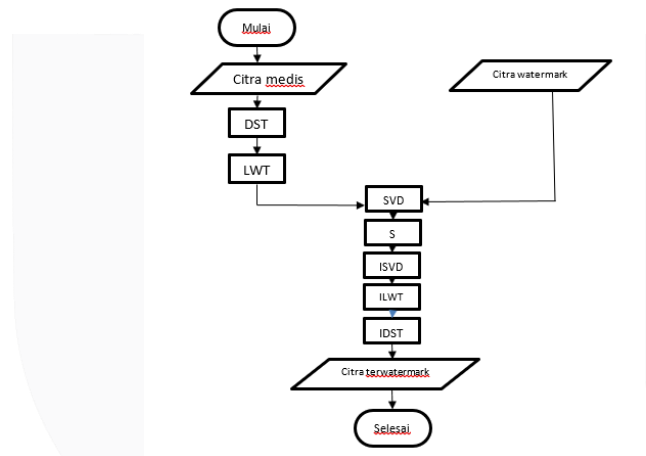
host yang digunakan berupa citra medis yang diubah kedalam bentuk citra *grayscale* dengan ukuran 1024×1024 piksel dan 2 buah citra *watermark* berupa citra biner berukuran 64×64 piksel.



Gambar 3. Desain Model Umum

3.2 Proses Embedding

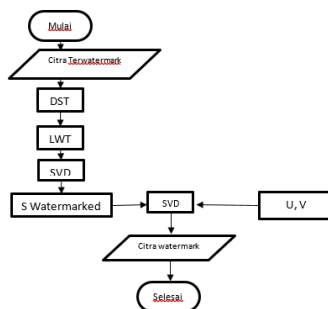
Proses *Embedding* atau penyisipan merupakan proses penyisipan *watermark* ke dalam host yang akan digunakan. Citra host yang digunakan berupa citra medis dan citra *watermark* berupa citra *grayscale* dan citra biner. Diagram blok proses penyisipan *watermarking* akan ditunjukkan pada Gambar 4:



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 :

$$PSNR = 20 \times \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (3)$$

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:

$$MSE = \frac{1}{M.N} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (g(x,y) - f(x,y))^2 \quad (4)$$

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.

$$BER = \frac{\text{Jumlah Bit Salah}}{\text{Jumlah Bit Keseluruhan}} \times 100\% \quad (5)$$

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 :

$$SSIM = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (6)$$

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 1024×1024 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	0,36	52,62	0,1081	0,9729
Citra Host B	0,05	60,71	0,2062	0,9834
Citra Host C	0,07	59,6504	0,2300	0,9745
Citra Host D	1,85	45,4579	0,1150	0,9762
Citra Host E	0,05	61,4746	0,2031	0,9864
Citra Host F	0,28	53,6253	0,2175	0,9638
Citra Host G	0,06	60,5430	0,2111	0,9684
Citra Host H	0,09	58,7092	0,1450	0,9720
Citra Host I	1,27	47,1060	0,1647	0,9845
Citra Host J	2,50	44,1469	0,0954	0,9546
Rata-rata	0,658	54,3953	0,1696	0,9737

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	0.1081	44,5155	0,9680	0,1088	34,5062	0,9204	0,1198	24,5989	0,5795
Citra Host B	0,2065	43,1402	0,9769	0,2036	33,8903	0,9271	0,1199	23,8625	0,5526
Citra Host C	0,2390	44,3500	0,9676	0,2336	34,5161	0,9081	0,1199	24,5025	0,5037
Citra Host D	0,1155	41,9554	0,9716	0,1123	34,3830	0,9297	0,1257	24,5796	0,6175
Citra Host E	0,2026	44,7993	0,9773	0,2004	34,7593	0,8948	0,1938	24,8822	0,3867
Citra Host F	0,2182	43,6535	0,9565	0,2172	34,5992	0,8964	0,2104	24,5613	0,4773
Citra Host G	02109	43,7539	0,9607	0,2116	34,0160	0,8951	0,2036	24,2175	0,4730
Citra Host H	0,1453	44,4593	0,9651	0,2116	34,4296	0,9015	0,1455	24,4902	0,4842
Citra Host I	0,1648	42,8484	0,9783	0,1694	34,8450	0,9269	0,2319	25,0832	0,5481
Citra Host J	0,0984	41,5298	0,9703	0,1074	34,5129	0,9700	0,2161	25,0133	0,5525
Rata-Rata	0,1709	43,5005	0,9692	0,1776	34,4458	0,9170	0,1686	24,5791	0,5175

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 41,5298 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	0,2161	47,7635	0,7805	0,4733	42,4696	0,6384	0,5488	39,7552	0,5659
Citra Host B	0,2946	49,8121	0,5295	0,4548	43,5628	0,4039	0,5129	40,6876	0,3424
Citra Host C	0,3337	49,0801	0,6290	0,4843	42,8042	0,4911	0,5532	39,8998	0,4238
Citra Host D	0,2722	44,0345	0,8304	0,4694	41,0541	0,7010	0,5158	38,9739	0,5159
Citra Host E	0,3259	49,2121	0,3614	0,5068	42,8433	0,2223	0,5532	39,9167	0,1692
Citra Host F	0,3200	48,0656	0,6036	0,4826	42,5514	0,4293	0,5466	39,7697	0,3521
Citra Host G	0,3303	49,1612	0,5226	0,4836	42,8442	0,3752	0,5481	39,9319	0,3117
Citra Host H	0,2902	48,9915	0,6088	0,4829	42,7897	0,4318	0,5422	39,8897	0,3541
Citra Host I	0,3266	45,1739	0,8551	0,4590	41,6144	0,7016	0,5425	39,3064	0,5877
Citra Host J	0,3283	43,0612	0,8558	0,4819	40,5564	0,7139	0,5312	38,6553	0,6046
Rata-Rata	0,3037	47,4356	0,6576	0,4779	42,3090	0,5108	0,5394	39,6786	0,4228

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 47,4356 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	0,3229	40,3209	0,6029	0,3191	46,9725	0,8015
Citra Host B	0,3218	43,9666	0,7089	0,3212	51,5719	0,8533
Citra Host C	0,3215	42,3590	0,6050	0,3215	50,0787	0,7668
Citra Host D	0,3176	39,2002	0,7022	0,3139	43,6448	0,8625
Citra Host E	0,3213	43,0529	0,6302	0,3220	53,3882	0,8049
Citra Host F	0,3220	42,2997	0,4751	0,3212	48,7584	0,6935
Citra Host G	0,3213	43,2086	0,5578	0,3208	50,7986	0,7324
Citra Host H	0,3212	42,5185	0,5058	0,3212	50,1012	0,7295
Citra Host I	0,3164	38,8480	0,4297	0,3147	45,7694	0,9426
Citra Host J	0,3108	38,0169	0,4088	0,3161	43,4034	0,9314
Rata-Rata	0,3196	41,3791	0,5626	0,3192	48,4487	0,8120

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 48,4487 dB.

5. Kesimpulan dan saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tugas akhir yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem image watermarking dapat dikatakan baik karena nilai PSNR berada diatas 40 dB yaitu PSNR 54,3953 dB,
2. Berdasarkan pengujian, diketahui bahwa metode yang diusulkan yaitu metode DST-LWT-SVD memiliki kelebihan pada pengujian image tanpa serangan baik dari segi nilai PSNR maupun dari segi nilai SSIM
3. Saat serangan *noise gaussian* diperoleh bahwa semakin kecil nilai *sigma* yang diberikan pada citra, maka akan semakin baik nilai MSE dan PSNR yang diperoleh.
4. Untuk serangan kompresi JPEG diperoleh bahwa semakin besar nilai *quality* yang digunakan, maka nilai MSE dan PSNR akan semakin baik.
5. Sistem ini dapat dikatakan kurang baik dikarenakan pada saat tidak diberikan sebuah serangan nilai SSIM yang didapatkan tidak bernilai 1. Hal ini membuktikan bahwa *watermark* yang telah diekstrak menjadi tidak sama seperti pada saat disisipkan.
6. Sistem ini memiliki ketahanan yang tidak cukup baik dikarenakan pada saat diberi serangan, *watermark* memiliki nilai SSIM dan PSNR yang lumayan berbeda dengan nilai SSIM dan PSNR pada saat *watermark* tidak diberi serangan.

5.2 Saran

Saran unuk pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya ukuran host yang diambil berukuran lebih besar agar citra watermark yang dapat disisipkan bisa lebih besar juga
2. Menambahkan informasi medis pada watermark

Daftar Pustaka:

- [1] A. K. Jha, M.D., M.P.H., Catherine M. DesRoches, Dr.Ph., Eric G. Campbell, Ph.D., Karen Donelan, Sc.D., Sowmya R. Rao, Ph.D., Timothy G. Ferris, M.D., M.P.H., Alexandra Shields, Ph.D., Sara Rosenbaum, J.D., and David Blumenthal, M.D., M.P.P. ,Use of Electronic Health Records in U.S. Hospitals, The new england journal o f medicine, 2009
- [2] F. A. P. Petitcolas, Information hiding techniques for steganography and digital watermarking, Artech House Books, 1999.
- [3] B. N. Madhukar and J. A. Sanjay, A Duality Theorem for the Descret Sine Transform (DST), Internasional Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology, 2015
- [4] S. G. K. M. Kokare, "Lifting Wavelet Transform with Singular Value Decomposition for Robust Digital Image Watermarking, "2012".
- [5] Katzenbeisser, Stefan, and Petitcolas, Fabien A. P., 2000, Information Hiding Techniques for Steganography and Digital Watermarking, Artech House Inc, 685 Canton Street Norwood, MA 02062.
- [6] L. K. Lee and S. Liew, "A survey of medical image processing tools," no. May, 2016.
- [7] U.S. National Library of Medicine, "MedPix®." [Online]. Available: <https://medpix.nlm.nih.gov/home>. [Accessed: 20-Apr-2019].
- [8] 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
- [9] M.S. Hsieh, D.C. Tseng and Y.H. Huang, "Hiding Digital Watermarks Using Multiresolution Wavelet Transform," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 48, no. 5, pp. 875-882,2001.