

IMPLEMENTASI METODE WATERMARKING SINGULAR VALUE DECOMPOSITION DAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM PADA CITRA DIGITAL

Zulchairil¹, Yassir², Ipan Suandi³

^{1,2,3}Prodi Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Email: zulchairil0@gmail.com, yassirajalil@gmail.com, ipan@pnl.ac.id

Abstrak –Watermarking merupakan teknik penyembunyian data atau informasi kedalam suatu citra digital yang tidak kasat mata atau tidak dapat diketahui secara visual. Karena tahan terhadap proses digitalisasi, teknik watermarking dapat digunakan untuk melindungi kepemilikan suatu citra digital. Singular Value Decomposition sebagai salah satu metode paling populer telah banyak dimanfaatkan dalam pengolahan sinyal termasuk watermarking. Penelitian dilakukan dengan menggunakan citra dengan format jpg. Kinerja dan kualitas watermarking ditentukan oleh nilai pada parameter *Peak Signal To Noise Ratio* (PSNR) dan juga MSE (*Mean Square Error*). Kualitas citra host yang telah disisipkan watermark dengan metode SVD dan DWT menghasilkan kualitas yang bagus, namun saat diberikan noise citra host yang menggunakan metode DWT mengalami perubahan yang signifikan, sedangkan citra yang disisipkan dengan metode SVD menghasilkan citra yang mirip seperti aslinya. Nilai PSNR dan MSE yang dihasilkan oleh metode SVD lebih baik dibandingkan dengan metode DWT. Nilai MSE dengan metode SVD cenderung naik ketika nilai alfa dinaikkan, yang berarti adanya pengurangan kualitas citra yang disisipkan watermark.

Kata kunci: *Noise, Watermark, DWT, SVD.*

I. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan komputer, *file-file* dalam bentuk digital semakin banyak digunakan, karena memang komputer yang berkembang saat ini merupakan peralatan elektronik yang menggunakan dan mengolah *file* dalam bentuk digital. Penggunaan *file* digital selain mudah dalam hal penyebaran, juga disebabkan akan kemudahan dan murahnya biaya penggandaan peng-copyan serta penyimpanannya untuk digunakan di kemudian hari.

Dampak kemudahan inilah yang disalahgunakan tanpa memperhatikan aspek hak cipta (*Intellectual Property Right*), sehingga perlu dipikirkan adanya perlindungan terhadap hak cipta. Permasalahan diatas, membawa perubahan cara pandang peneliti terhadap metode yang digunakan untuk melindungi hak cipta pada media digital [1].

Salah satu metode pengamanan tersebut yaitu *watermarking*. *Watermarking* merupakan suatu teknik penyembunyian data/informasi rahasia kedalam citra digital baik berupa logo, teks ataupun citra lain yang menginformasikan sang pemilik citra digital tanpa merusak citra digital asli sehingga tetap terlihat seperti citra digital aslinya [2].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Watermark*

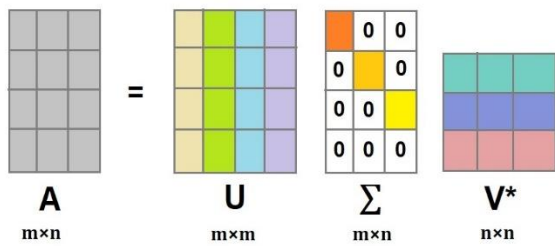
Watermarking adalah salah satu bentuk atau aplikasi dari ilmu steganografi, yaitu teknik menyembunyikan suatu data pada data yang lain. *Watermarking* merupakan proses penambahan kode secara permanen ke dalam citra digital yang ingin

dilindungi hak ciptanya dengan tidak merusak citra aslinya dan tahan terhadap serangan. *Watermarking* merupakan suatu teknik penyembunyian data atau informasi rahasia ke dalam suatu data lainnya untuk ditumpangi, tetapi tidak disadari kehadirannya oleh indra manusia, yaitu indra penglihatan dan indra pendengaran. Selain itu, data yang sudah terwatermark harus tahan (*robust*) terhadap serangan-serangan, baik secara sengaja maupun tidak sengaja untuk menghilangkan data *watermark* yang terdapat di dalamnya [3]. Metode *watermarking* yang baik seharusnya dapat mempertahankan *watermark* yang diberikan dari kemungkinan perubahan dan tetap menjaga agar penyisipan pesan tidak mempengaruhi citra secara kasat mata [4].

B. *Singular Value Decomposition*

Dekomposisi nilai singular atau yang lebih dikenal sebagai SVD (*Singular Value Decomposition*) adalah salah satu teknik dekomposisi yang cukup terkenal. SVD berkaitan erat dengan nilai singular dari sebuah matriks yang merupakan salah satu karakteristik matriks. Beberapa aplikasi yang memanfaatkan SVD adalah dalam bidang pengolahan sinyal dan statistik.

Sebuah teorema yang berkenaan dengan SVD bernama Teorema Spektral menyatakan bahwa matriks normal dapat didiagonalkan (direpresentasikan sebagai matriks diagonal pada beberapa basis) secara uniter menggunakan basis vektor Eigen. SVD dapat dilihat sebagai generalisasi dari Teorema Spektral yang berubah-ubah, tidak harus selalu persegi, dan berbentuk matriks [5].



Gbr 1 Dekomposisi matriks SVD

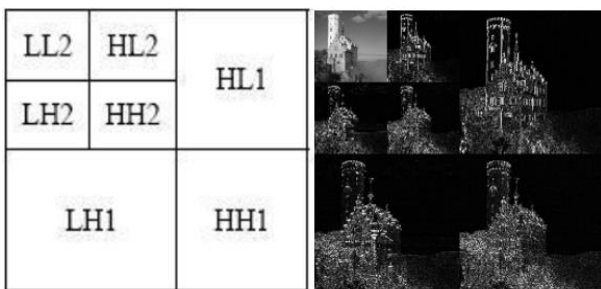
C. Discrete Wavelet Transform

Discrete Wavelet Transform (DWT) merupakan salah satu metode yang sangat terpakai dan sangat baik digunakan untuk representasi dan analisis sinyal diskret. Kelebihan dari DWT adalah pada saat yang bersamaan dapat memberikan informasi frekuensi dan informasi temporal, berbeda dengan DFT dan DCT yang hanya memberikan informasi frekuensi. Sehingga, DWT lebih sering digunakan untuk analisis *time-frequency* dari sebuah sinyal.

Implementasi transformasi wavelet diskrit dapat dilakukan dengan cara melewati sinyal ke dalam dua filterisasi DWT yaitu highpass filter (HPF) dan lowpass filter (LPF) agar frekuensi dari sinyal tersebut dapat dianalisis kemudian melakukan downsampling pada keluaran masing-masing filter [6].

$$y_{tinggi}[k] = \sum_n x[n]h[2k - n] \dots \dots \dots (1)$$

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



Gbr 2 Transformasi sinyal diskrit

D. Parameter

Ada beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas citra terwatermark, antara lain sebagai berikut :

1. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur berdasarkan derau (*noise*) yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR digunakan untuk menghitung error maksimal. Semakin tinggi nilai PSNR, maka akan semakin baik hasil citra yang didapat [6]. Berikut adalah rumusnya:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

MSE = Nilai MSE

255 = Nilai maksimum dalam piksel citra

E. Robustnes

Kekuatan dari teknik watermarking dapat diuji dengan beberapa serangan pada citra yang disisipkan watermark. Hal ini dilakukan untuk menguji kesamaan antara pesan yang diekstraksi dari citra dengan watermark sebelum disisipkan.

Derau *salt and pepper* adalah derau yang sangat sering terjadi. Bentuknya adalah adanya titik-titik berwarna hitam dan putih pada citra grayscale, itulah mengapa derau ini dinamakan *salt dan pepper* seperti lada hitam. Namun jika derau ini dikenakan pada citra berwarna, deraunya berbentuk titik-titik berwarna. Seperti pada gambar dibawah ini.



Gbr 3 Derau salt and pepper

F. Serangan Terhadap Citra Ber-Watermark

Serangan terhadap citra ber-watermark umumnya bertujuan untuk menghilangkan watermark yang disisipkan di dalam citra digital tersebut. Serangan ini disebut sebagai serangan yang disengaja. Serangan yang tidak disengaja biasanya berhubungan dengan perubahan citra digital, perubahan ini dapat berupa *cropping, rotation, kompresi*, dll.

G. Citra

Citra didefinisikan sebagai fungsi dari dua variable misalnya a (x, y) dimana a sendiri sebagai amplitude (misalnya kecerahan) citra pada koordinat. Menurut Ian T. Young dkk, citra digital a(x, y) merupakan citra dalam ruang diskrit 2d yang berasal dari citra analog a(x, y) diruang kontinyu 2d melalui proses sampling yaitu bis akita sebut sebagai digitalisasi.

Sedangkan menurut Maria citra digital adalah citra f(x, y) yang telah didiskritkan pada koordinat spasial dan kecerahan. Citra digital direpresentasikan oleh array dua dimensi atau sekumpulan array dan dimensi dimana setiap array mempresentasikan satu kanal warna. Nilai kecerahan yang didigitalisasikan dinamakan nilai tingkat keabuan [7].

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

Gbr 4 Koordinat citra

H. Akuisisi Citra

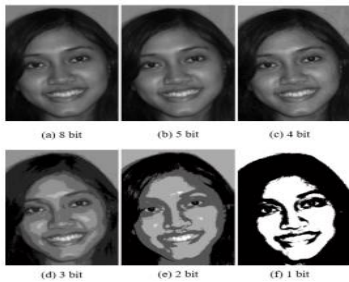
Suatu objek mendapatkan pencahayaan dari sumber Cahaya tertentu. Posisi sumber Cahaya menentukan juga hasil citra yang didapat. Pantulan Cahaya dari objek di luar kamera akan diproyeksikan menjadi terbalik oleh lensa pada sensor didalam kamera.

1. **Sampling**

Citra natural sesungguhnya adalah gambaran nyata dari objek yang kita rekam. Misalkan suatu citra pegunungan yang menggambarkan gunung-gunung yang benar-benar ada di dunia nyata. Citra nyata tersebut direpresentasikan kedalam bentuk fungsi kontinu $f(x, y)$. Proses untuk mendigitalisasi suatu fungsi kontinu menjadi fungsi diskrit disebut sebagai sampling. Hasil sampling ditentukan oleh geometridari elemen sensor dari perangkat akuisisi, jumlah pixel atau resolusi yang digunakan. Semakin bagus resolusinya maka semakin presisi suatu citra didigitalisasikan [7].

2. **Kuantisasi**

Dalam rangka untuk menyimpan dan memproses nilai-nilai gambar di computer umumnya dikonversi ke rentang nilai bilangan bulat (misalnya, $256 = 2^8$ atau $4096 = 2^{12}$). Namun kadang kala skala bilangan decimal pun digunakan seperti dalam aplikasi pencitraan medis. Konversi dilakukan dengan menggunakan pengubah sinyal analog ke digital, yang biasanya tertanam didalam sensor elektronik [7].



Gbr 5 Kuantisasi citra

III. METODOLOGI

A. Alat dan Bahan

Pada penelitian skripsi ini, observasi dilakukan untuk mengamati perbedaan citra ter-watermark, PSNR, dan MSE. Observasi untuk citra dan parameter tersebut dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

1. **Software MATLAB**

Aplikasi ini merupakan aplikasi untuk menjalankan program pada citra agar menghasilkan citra yang ingin disisipkan *watermark* dan untuk perhitungan parameter-parameter seperti MSE, dan PSNR.

2. **Hardware**

Spesifikasi komputer atau laptop yang digunakan untuk menjalankan *software* MATLAB R2013 adalah sebagai berikut:

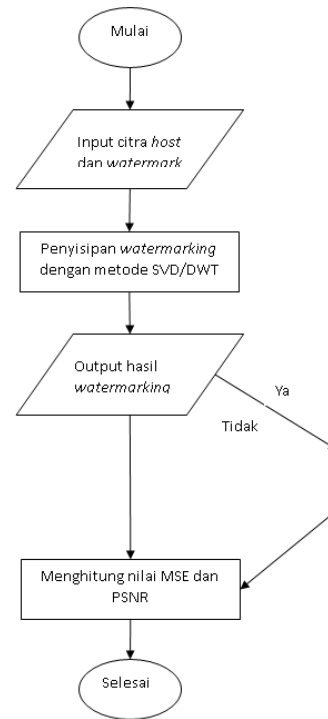
1. Sistem operasi : Windows 8
2. Prosesor : AMD Ryzen-3 3250U
3. Disk : 512 GB
4. RAM : 8.00 GB

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. **Flowchart Pengumpulan Data**

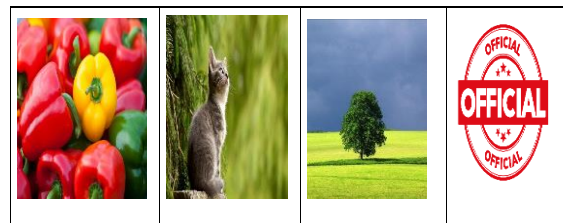
Observasi yaitu pengumpulan data dengan pengamatan atau penelitian secara langsung terhadap proses kompresi citra yang sedang berlangsung.



Gbr 6 Flowchart Pengumpulan Data

C. Sampel

Untuk sampel yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada gambar 7.



Gbr 7 Sampel citra

D. Teknik Pengolahan Data

1. **Dalam Bentuk Tabel**

Data-data hasil *watermarking* ditampilkan dalam bentuk tabel, dimana tabel tersebut menampilkan hasil citra yang asli dengan yang telah di *watermark*, dan juga

hasil perhitungan dari parameter yang digunakan pada penelitian.

2. Perbandingan

Hasil dari *watermarking* dua metode akan dibandingkan dengan melihat kualitas hasil citra apakah terdapat perbedaan yang signifikan setelah diberikan *watermark*.

E. Algoritma Metode SVD Dan DWT

Berikut adalah algoritma metode *watermarking* SVD dan DWT.

1. Algoritma Singular Value Decomposition

1. Input citra *host*(A) dan *Watermark*(W).
2. Terlebih dahulu mendekomposisi citra *host* menjadi matriks U, S, dan V untuk mendapatkan nilai singular dari citra A Input. $(A = USV^T)$(4)
3. Kemudian nilai singular S ditambahkan dengan hasil kali *watermark* dengan nilai alfa. $(St = S + \alpha W)$(5)
 α adalah factor intensitas yang menentukan kekuatan *watermark* yang akan disisipkan. Kemudian melakukan dekomposisi pada St untuk memperoleh nilai singular baru pada St. $(St = Uw Sw Vw)^T$(6)
4. Sebagai Langkah terakhir, Sw yang diperoleh kemudian digunakan untuk membentuk citra yang telah di-*watermark* Bersama dengan matriks U dan V citra asal. $Aw = USw V^T$(7)
5. Simpan gambar hasil *watermarking*. Lalu lakukan ekstraksi untuk memisahkan citra *host* dan *watermark* $A*w = U*S*w(V^*)^T$(8)
 $St = Uw Sw Vw$(9)
 $W = \frac{St-S}{\text{nilai alfa}}$(10)

2. Algoritma Discrete Wavelet Transform

1. Input citra *host* dan *watermark*
2. Dekomposisi citra *host* menggunakan DWT, dan menghasilkan 4 subband LL, LH, HL, dan HH. Sama halnya dengan citra *host*, citra *watermark* juga didekomposisi dengan DWT.
3. Citra *watermark* disisipkan kedalam frekuensi LL.
4. Menyisipkan W ke dalam rentang frekuensi LL. $f \wedge LL(m, n) = f LL(m, n) + \alpha. W LL(m, n)$(11)

Dimana $f LL(m, n)$ merupakan koefisien yang dipilih, α merupakan kekuatan penyisipan *watermark* atau factor skala persentase dari citra *host* dan citra *watermark* pada citra ber-*watermark* yang dibentuk.

5. Lakukan Inverse Discrete Wavelet Transform untuk membentuk citra ber-*watermark*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hasil Penelitian

Pada bab ini akan membahas analisis hasil dari perhitungan parameter MSE (*Mean Square Error*), dan PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) dari masing-masing metode berdasarkan kualitas *watermarking* dari metode SVD dan DWT.

TABEL I Hasil Perhitungan Nilai PSNR dan MSE pada citra ber-*watermark*

Pada tabel 1 diketahui bahwa metode SVD mendapat nilai PSNR dan MSE yang lebih baik daripada metode DWT baik itu dengan nilai alpha 0.1 maupun 0.5. Nilai PSNR tertinggi didapat pada citra Cat.jpg dengan alpha 0.1 bernilai 43.77, sedangkan nilai PSNR terendah

no	Citra Host	alpha	MSE		PSNR	
			DWT	SVD	DWT	SVD
1	Pepper.jpg	0.1	55.56	3.13	6.62	43.18
2	Pepper.jpg	0.5	1388.90	131.70	-7.36	26.94
3	Cat.jpg	0.1	55.57	2.73	6.63	43.77
4	Cat.jpg	0.5	1389.90	272.57	-7.37	23.78
5	Pohon.jpg	0.1	55.56	7.50	6.62	39.38
6	Pohon.jpg	0.5	1388.90	279.26	-7.37	23.67

terdapat pada citra Pohon.jpg dengan nilai -7.37.

1. Hasil Uji Ketahanan Citra Ber-Watermark

















TABEL II Hasil pengujian ketahanan citra Pepper.jpg

Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai MSE pada citra ber-*watermark* dengan metode SVD terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara alpha 0.1 dan 0.5 baik itu setelah diberikan efek *noise* maupun blur.

No	Citra Ber-watermark	a	Jenis Efek	MSE		PSNR	
				SVD	DWT	SVD	DWT
1	Pepper.jpg	0.1	Noise	87.34	17490	28.72	-17.56
2	Pepper.jpg	0.5	Noise	202.93	18487	25.06	-18.36
3	Pepper.jpg	0.1	Blur	24.96	77.52	34.16	5.17
4	Pepper.jpg	0.5	Blur	113.81	1295	27.57	-7.06

Sedangkan untuk citra ber-*watermark* yang menggunakan metode DWT diperoleh nilai MSE yang cukup tinggi, semakin tinggi nilai MSE berarti semakin buruk kualitas citra tersebut. Nilai PSNR tertinggi terdapat pada citra ber-*watermark* Pepper.jpg yang telah diberikan efek blur dan nilai alfa 0.1 yaitu sebesar 34.16. Secara keseluruhan metode SVD punya nilai yang lebih baik dalam menyisipkan *watermark*.

TABEL III Citra Ber-Watermark Dan Citra Hasil Ekstraksi Setelah Diberikan Noise

		Noise (0.1)	Noise (0.5)	Blur (0.1)	Blur (0.5)
SVD	Citra Ber watermark	 PSNR 28.72	 PSNR 25.06	 PSNR 34.16	 PSNR 27.57
	Watermark Hasil Ekstraksi	 PSNR 18.52	 PSNR 23.33	 PSNR 23.55	 PSNR 27.27
DWT	Citra Ber Watermark	 PSNR -17.56	 PSNR -18.36	 PSNR 5.17	 PSNR -7.06
	Watermark Hasil Ekstraksi	 PSNR 289.09	 PSNR 291.02	 PSNR 289.09	 PSNR 291.02

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa citra yang telah disisipi *watermark* lalu diberi noise dan efek dengan metode SVD tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sedangkan dengan metode DWT terdapat perbedaan yang cukup signifikan setelah diberi noise, tampilan citra berubah menjadi hitam sehingga tidak dapat dikenali lagi seperti pada citra aslinya, Begitu juga dengan filter blur, citra berubah namun masih dapat dikenali. Namun untuk citra watermark yang telah diekstraksi dengan metode DWT memiliki nilai PSNR yang cukup tinggi yang artinya citra tersebut berkualitas bagus dan mirip seperti sebelum disisipkan, sementara citra watermark yang diekstrak menggunakan metode SVD mendapat nilai PSNR di bawah 30 yang artinya citra tersebut tidak baik

















TABEL IV
Hasil Pengujian Ketahanan Citra Cat.jpg

No	Citra Ber-watermark	a	Jenis Efek	MSE		PSNR	
				SVD	DWT	SVD	DWT
1	Cat.jpg	0.1	Noise	98.88	12877	28.18	-17.05
2	Cat.jpg	0.5	Noise	353.21	14765	22.65	-19.03
3	Cat.jpg	0.1	Blur	116.25	169.44	27.48	1.74
4	Cat.jpg	0.5	Blur	333.17	1387	22.90	-7.36

Pada 4 diperoleh nilai MSE dan PSNR pada citra yang ber-watermark. Nilai PSNR yang baik berada diatas 30 dB. Citra Cat.jpg ber-watermark yang disisipkan dengan metode SVD dan diberi noise dengan alfa 0.1 mendapatkan nilai PSNR yang paling baik bernilai 28.18, yang artinya kurang bagus. Sedangkan untuk nilai MSE yang paling rendah pada citra ber-watermark terdapat pada citra Cat.jpg yang menggunakan metode SVD dengan nilai alfa 0.1 bernilai 98.88, bisa dikatakan tidak begitu baik.

TABEL V

Citra Cat Setelah Diberikan Noise Dan Filter

		Noise (0.1)	Noise (0.5)	Blur (0.1)	Blur (0.5)
SVD	Citra Ber watermark	 PSNR 28.18	 PSNR 22.65	 PSNR 27.48	 PSNR 22.90
	Watermark Hasil Ekstraksi	 PSNR 18.96	 PSNR 23.73	 PSNR 20.48	 PSNR 25.02
DWT	Citra Ber Watermark	 PSNR -17.05	 PSNR -19.03	 PSNR 1.74	 PSNR -7.36
	Watermark Hasil Ekstraksi	 PSNR 289.70	 PSNR 291.27	 PSNR 289.70	 PSNR 291.27

Pada tabel5 dapat dilihat bahwa citra yang telah disisipi *watermark* lalu diberi noise dan efek dengan metode SVD tidak terdapat perbedaan yang signifikan, sedangkan dengan metode DWT terdapat perbedaan yang cukup signifikan setelah diberi noise, tampilan citra berubah menjadi hitam sehingga tidak dapat dikenali lagi seperti pada citra aslinya, Begitu juga dengan filter blur, citra berubah namun masih dapat dikenali.

TABEL VI
Hasil pengujian ketahanan citra Pohon.jpg

Pada tabel 6 diperoleh nilai MSE dan PSNR pada citra yang ber-watermark. Nilai PSNR yang baik berada diatas 30 dB. Citra Pohon.jpg ber-watermark yang disisipkan dengan metode SVD yang diberi blur dengan

No	Citra Ber-watermark	a	Jenis Efek	MSE		PSNR	
				SVD	DWT	SVD	DWT
1	Pohon.jpg	0.1	Noise	105.74	21485	27.89	-19.26
2	Pohon.jpg	0.5	Noise	356.40	23487	22.61	-21.26
3	Pohon.jpg	0.1	Blur	96.94	145.83	28.27	2.43
4	Pohon.jpg	0.5	Blur	299.51	1364	23.37	-7.29

alfa 0.1 mendapatkan nilai PSNR yang paling baik bernilai 28.27, yang artinya kurang bagus. Sedangkan untuk nilai MSE yang paling rendah pada citra ber-watermark terdapat pada citra Pohon.jpg yang disisipkan dengan metode SVD yang diberi blur dengan nilai alfa 0.1 bernilai 96.94, bisa dikatakan tidak begitu baik.

TABEL VII
Citra Pohon Setelah Diberikan Noise Dan Filter

		Noise (0.1)	Noise (0.5)	Blur (0.1)	Blur (0.5)
SVD	Citra Ber watermark				
		PSNR 27.89	PSNR 22.61	PSNR 28.27	PSNR 23.37
Watermark Hasil Ekstraksi					
		PSNR 19.30	PSNR 22.24	PSNR 21.36	PSNR 23.53
DWT	Citra Ber Watermark				
		PSNR -19.26	PSNR -21.26	PSNR 2.43	PSNR -7.29
Watermark Hasil Ekstraksi					
		PSNR 289.71	PSNR 291.39	PSNR 289.71	PSNR 291.27

Pada tabel 6 dapat dilihat bahwa citra yang telah disisipi watermark lalu diberi noise dan efek dengan metode SVD tidak terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai alfa 0.1, namun Ketika nilai alfa dinaikkan ke 0.5 terdapat perubahan pada citra.

Sedangkan untuk citra ber-watermark yang disisipkan dengan metode DWT terdapat perbedaan yang cukup signifikan setelah diberi noise, tampilan citra berubah menjadi hitam sehingga tidak dapat dikenali lagi. Namun untuk citra watermark yang telah diekstraksi dengan metode DWT memiliki nilai PSNR yang cukup tinggi yang artinya citra tersebut berkualitas bagus dan mirip seperti sebelum disisipkan, sementara citra watermark yang diekstrak menggunakan metode SVD mendapat nilai PSNR di bawah 30 yang artinya citra tersebut tidak baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode SVD mendapatkan nilai PSNR dan MSE yang lebih baik secara keseluruhan daripada metode DWT dalam menyisipkan watermark.
2. Setelah diberikan noise dan filter pada citra yang telah disisipkan watermark, citra yang menggunakan metode SVD tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara citra ter-watermark dan juga citra asli.
3. Setelah diberikan noise dan filter pada citra yang telah disisipkan watermark dengan metode DWT, citra mengalami perubahan yang signifikan antara citra ter-watermark dan juga citra asli.

4. Pada citra yang di ekstraksi, watermark yang di ekstrak menggunakan metode DWT mendekati citra aslinya dibandingkan dengan metode SVD.

REFERENSI

- [1] Aah, S. (2021). **Implementasi Watermarking Pada Citra Digital Dengan Metode Singular Value Decomposition**. Universitas Kuningan
- [2] Verryana, A, F. (2020). **Implementasi Teknik Watermarking Menggunakan Metode Discrete Wavelet Transform dan Singular Value Decomposition**. Universitas Negeri Surabaya.
- [3] Hikam, A., Erfan, R., Ariadi, R. (2017). **Implementasi Watermarking SVD Pada Foto Rontgen**. Politeknik Negeri Malang.
- [4] I Dewa, B, A, D. (2014). **Anlisis Dan Perbandingan Watermarking Citra Digital Menggunakan Metode Block DCT dan LSB**. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*.
- [5] Erwin, Y, H., Erika, D, U. (2011). **Hybrid Watermarking Citra Digital Menggunakan Teknik DWT-DCT Dan SVD**. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi Terapan*. Universiti Teknikal Malaysia Melaka.
- [6] Stephanie, G., Budi, S. (2018). **Teknik Invisible Watermarking Digital Menggunakan Metode DWT (Discrete Wavelet Transform)**. *Jurnal Sains Dan Seni*, Vol 7, No. 2.
- [7] Priyanto, Hidayatullah. (2017). **Pengolahan Citra Digital**. Informatika Bandung