

APLIKASI WATERMARK PADA CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN KOMBINASI METODE *DISCRETE COSINE TRANSFORM*, *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* DAN *SINGULAR VALUE DECOMPOSITION*

Erin Yuni Reva¹, Boko Susilo², Endina Putri Purwandari³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Jl. WR.Supratman Kandang Limun Bengkulu 38371 A
INDONESIA (telp:0736-341022;fax:0736-341022)

¹erin.yunireva@gmail.com

²bokosusilo@unib.ac.id

³endinaputri@unib.ac.id

Abstrak: *Watermarking* merupakan sebagai salah satu teknik perlindungan data citra digital. Metode *watermarking* digunakan adalah *Singular Value Decomposition* (SVD), *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT). Proses *watermarking* dilakukan dengan cara menyisipkan citra *watermark* kedalam citra asli yang akan menghasilkan citra ber-*watermark*. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan aplikasi watermark yang mampu menyisipkan dan mengekstraksi citra *watermark* untuk perlindungan hak cipta terhadap citra digital. Pengujian dilakukan dengan serangan manipulasi operasi dan tanpa serangan. Hasil Pengujian pada kombinasi metode DWT-SVD pada operasi penyisipan citra *watermark* berdasarkan rata-rata nilai PSNR sebesar 45,98 memberikan hasil yang lebih baik di bandingkan dengan kombinasi DCT-SVD pada proses penyisipan dengan rata-rata nilai PSNR sebesar 45,19. Untuk ekstraksi *watermark* pada kombinasi metode DCT-SVD mengalami lebih sedikit penurunan kualitas terhadap citra hasil ekstraksi dibandingkan dengan kombinasi metode DWT-SVD dibuktikan dengan hasil nilai rata-rata PSNR citra hasil ekstraksi metode DCT-SVD adalah 26,26 sedangkan untuk metode DWT-SVD adalah 26,36. Nilai PSNR yang tinggi menunjukkan citra tersebut semakin menyerupai citra aslinya. Oleh sebab itu untuk proses penyisipan, metode DWT-SVD lebih baik dibandingkan DCT-SVD sedangkan untuk proses ekstraksi DCT-SVD lebih baik dibandingkan dengan DWT-SVD.

Kata Kunci: *Watermark*, Citra Digital, *Discrete Cosine Transform*, *Discrete Wavelet Transform*, *Singular Value Decomposition*

Abstract: Watermarking is one of the techniques of digital image data protection. Watermarking method used is the Singular Value Decomposition (SVD), Discrete Cosine Transform (DCT) and Discrete Wavelet Transform (DWT). Watermarking process is done by inserting a watermark image into the original image that will generate

watermarked image. The purpose of this research is to produce a watermark application that is able to insert and extract the watermark for copyright protection of the digital image. Testing is done by manipulation attacks and no offensive operations. Test results on the combination of DWT-SVD method the watermark insertion operation based on the average PSNR of 45.98 gives better results in comparison with a combination of DCT- SVD on penyisipan process with an average PSNR of 45.19. For the extraction of a watermark on a combination of DCT-SVD method experienced less decline in the quality of the image extraction process compared with the combination of DWT- SVD method is evidenced by the results of the average value of the extracted image PSNR DCT-SVD method was 26.26 while for the method of DWT-SVD is 26.36. PSNR high value indicates that increasingly resembles the image of the original image. Therefore, for the insertion process, DWT- SVD method is better than DCT-SVD while for DCT-SVD extraction process is better than DWT-SVD.

Keywords: Watermark, digital image, Discrete Cosine Transform, Discrete Wavelet Tranform, Singular Value Decomposition

I. PENDAHULUAN

Penggandaan citra digital saat ini sangat mudah dilakukan dan sangat mudah disebarkan. Penggandaan citra digital sangatlah merugikan pemilik asli citra tersebut, masalah penggandaan citra merupakan masalah yang sudah lama ada dan belum terselesaikan hingga saat ini. Oleh karena itu menjaga keaslian suatu produk citra digital sangatlah penting untuk

menghindari pengakuan kepemilikan orang-orang yang tidak bertanggung jawab terhadap citra digital yang bukan miliknya.

Watermaking merupakan suatu teknik penyembunyian data atau informasi kedalam suatu data lainnya untuk “ditumpang” (biasa disebut *host-data*), tetapi orang tidak menyadari kehadiran adanya data tambahan pada data *host*-nya. Jadi seolah-olah tidak ada perbedaan yang signifikan antara data *host*- sebelum dan sesudah proses *watermaking* [1].

Penelitian terkait tentang *watermaking* yakni Rancang Bangun Aplikasi *Watermark* Menggunakan Metode SVD Pada Citra Digital dan dengan tujuan membangun aplikasi yang mampu memberikan *watermark* pada citra serta mampu mengidentifikasi citra *watermark* [2]. Berdasarkan permasalahan tersebut, metode *Discrete Cosine Transform*, *Discrete Wavelet Transform* dan *Singular Value Decomposition* akan diterapkan untuk membangun aplikasi *watermark* sehingga dapat menyelesaikan masalah keaslian citra untuk menghindari pengakuan produk citra pada suatu waktu.

II. LANDASAN TEORI

A. *Watermarking*

Watermarking adalah suatu teknik penyembunyian informasi yang disisipkan pada media lain dengan tujuan melindungi media yang disisipi oleh informasi tersebut dari pembajakan, penyalahgunaan hak cipta, dan sebagainya. *Watermaking* merupakan cara untuk menyisipkan *watermark* ke dalam media yang ingin dilindungi hak ciptanya [3].

B. *Discrete Cosine Transform*

Discrete Cosine Transform (DCT) Transformasi DCT merupakan salah satu *transform coding* yang akan merubah byte data

dari domain spasial menjadi domain frekuensi dan memisahkan byte data tersebut menjadi dua bagian, yaitu frekuensi tinggi (koefisien DC) dan frekuensi rendah (koefisien AC). Pada DCT, koefisien DC digunakan sebagai tempat penyisipan pesan. Hal ini dikarenakan koefisien DC memiliki kapasitas persepsi yang lebih tinggi dari pada koefisien AC sehingga proses penyisipan tidak akan mengubah kualitas gambar secara visual. Selain itu, sinyal proses dan distorsi gambar memiliki pengaruh yang lebih rendah terhadap koefisien DC daripada koefisien AC.

Transformasi citra dilakukan dengan menggunakan DCT (*Discrete Cosine Transform*), sehingga dapat dikatakan bahwa penyisipan dilakukan pada ranah DCT. Penyisipan dilakukan terhadap citra bitmap dengan kedalaman warna 24 bit. DCT digunakan untuk metransformasikan nilai intensitas blok 8x8 pikselnya yang berurutan dari image menjadi 64 koefisien DCT kedalam frekuensi dasarnya, diubah koefisien-koefisiennya dan kemudian ditransformasikan kembali dengan IDCT (*Inverse Discrete Cosine Transform*). Setiap basis matriks dikarakteristikan oleh frekuensi *spatial* horizontal dan *vertical*. Dalam konteks citra, hal ini menunjukkan tingkat signifikansi secara perseptual, artinya basis fungsi dengan frekuensi rendah memiliki sumbangan yang lebih besar bagi perubahan penampakan citra dibandingkan basis fungsi yang memiliki frekuensi tinggi. Nilai konstanta basis fungsi yang terletak di bagian kiri atas sering disebut basis fungsi DC, dan DCT koefisien yang bersesuaian dengannya disebut koefisien DC (DC coefficient). Masukan proses DCT berupa matrik $N \times N$. Persamaan DCT

untuk matrik berukuran $N \times N$ dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S(u, v) = \frac{2}{\sqrt{nm}} C(u)C(v) \sum_{y=0}^{m-1} \sum_{x=0}^{n-1} S(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2n} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2m}$$

Dimana ;

$S(u, v)$ = data pada domain frekuensi

$S(x, y)$ = data pada domain ruang

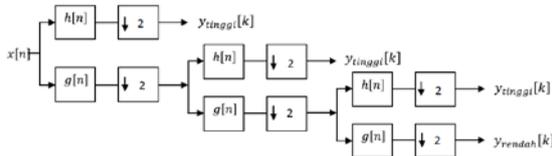
Output dari fungsi DCT adalah nilai komponen frekuensi tertentu dan output dari fungsi ini ditentukan oleh dua parameter, yaitu u dan v . Cara menentukan mana yang frekuensi rendah dan mana yang frekuensi tinggi adalah dengan menjumlahkan nilai u dan v . Jadi jika $u+v$ makin tinggi berarti $S(u, v)$ menyatakan komponen frekuensi yang makin tinggi. Input dan Output dari fungsi DCT juga merupakan suatu matriks dengan ukuran $N \times N$. $P(x, y)$ adalah nilai pixel pada koordinat (x, y) , index dimulai dari 0.

C. Discrete Wavelet Transform (DWT)

Secara umum Transformasi Wavelet Diskrit merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra tersebut. Komponen *subband* transformasi wavelet dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi. Implementasi Transformasi Wavelet Diskrit dapat dilakukan dengan melewati sinyal melalui sebuah *lowpass filter* dan *highpass filter* dan melakukan *downsampling* pada keluaran masing-masing *filter*. *Highpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi tinggi dan *lowpass filter* digunakan untuk menganalisis frekuensi rendah. Proses dekomposisi dapat melalui satu atau lebih tingkatan. Dekomposisi satu tingkat dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

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

$y_{rendah}[k] = \sum_n x[n] g[2k-n]$
 $y_{tinggi}[k]$ dan $y_{rendah}[k]$ adalah hasil dari *highpass filter* dan *lowpass filter*, merupakan sinyal asal, adalah *highpass filter*, dan adalah *lowpass filter*.

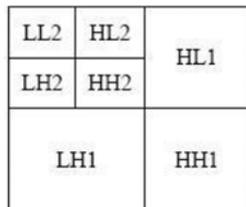


Gambar 1 Dekomposisi Wavelet Tiga Tingkat

Dengan menggunakan koefisien Transformasi Wavelet Diskrit ini maka dapat dilakukan proses *Inverse Discrete Wavelet Transform* (IDWT) untuk merekonstruksi menjadi sinyal asal.

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

Proses rekonstruksi merupakan kebalikan dari proses dekomposisi sesuai dengan tingkatan pada proses dekomposisi. Transformasi *wavelet* diskrit dimensi dua dapat digambarkan seperti gambar 2.



Gambar 2 Transformasi Wavelet Diskrit Dimensi Dua

D. *Singular Value Decomposition* (SVD)

Metode *Singular Value Decomposition* adalah salah satu teknik dalam analisis numeric yang digunakan untuk mendiagonalkan matrik. Dalam sudut pandang pengolahan citra, singular value dari suatu citra memiliki stabilitas yang baik dimana ketika ada sedikit gangguan diberikan pada citra tersebut, *singular value* tidak berubah secara signifikan. Keuntungan lain adalah ukuran matriks dari

transformasi metode SVD tidak tetap dan dapat berupa persegi. Kemudian *singular value* mengandung informasi properti persamaan linear citra [2].

E. *Peak Signal Noise Ratio* (PSNR)

Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) adalah perbandingan antara nilai maksimum dari sinyal yang diukur dengan besarnya derau yang berpengaruh pada sinyal tersebut. PSNR biasanya diukur dalam satuan Decibel (dB).

PSNR untuk mengetahui perbandingan kualitas citra cover sebelum dan sesudah disisipi *watermark*. Nilai PSNR yang lebih tinggi menyiratkan kemiripan yang lebih erat antara citra asli dengan citra hasil rekonstruksi.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \frac{MAX^2}{MSE}$$

Dimana MSE dinyatakan sebagai *Mean Square Error* yang didefinisikan sebagai berikut :

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2$$

Dimana :

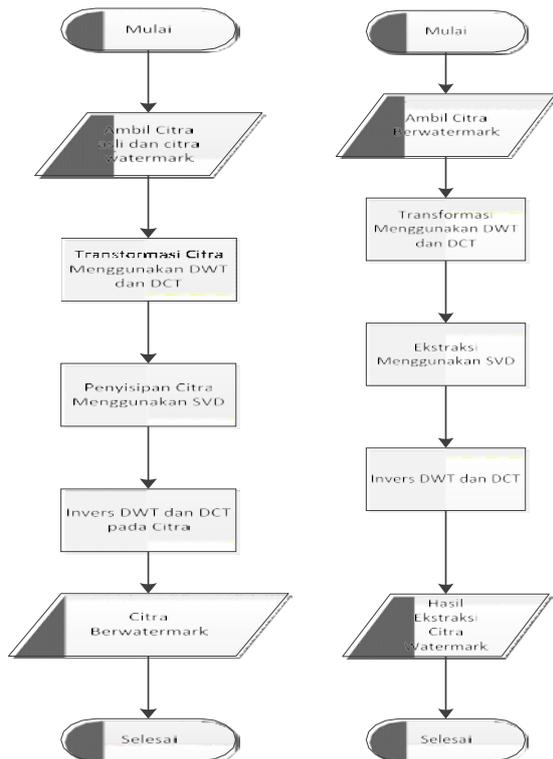
m, n = Dimensi dari citra.

$I(i, j)$ = citra asli.

$K(i, j)$ = citra hasil.

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Secara garis besar cara kerja sistem yang dibangun ditampilkan dalam Gambar 3. Pada gambar 3 dapat dilihat proses yang dilakukan oleh sistem pada proses penyisipan dan ekstraksi. Dimana metode DWT dan DCT digunakan untuk dekomposisi citra, sedangkan metode SVD digunakan untuk proses penyisipan dan ekstraksi citra *watermark*.



Gambar 3 Diagram Alir Penyisipan Dan Ekstraksi

V. PEMBAHASAN

A. Implementasi Antarmuka

Halaman awal aplikasi adalah halaman yang pertama kali muncul ketika aplikasi dijalankan. Halaman ini berisikan beberapa submenu diantaranya adalah halaman Penyisipan, Ekstraksi, Tentang, dan Keluar. Seluruh tombol menu tersebut di fungsikan untuk menampilkan halaman masing-masing.



Gambar 4 Halaman Awal Aplikasi

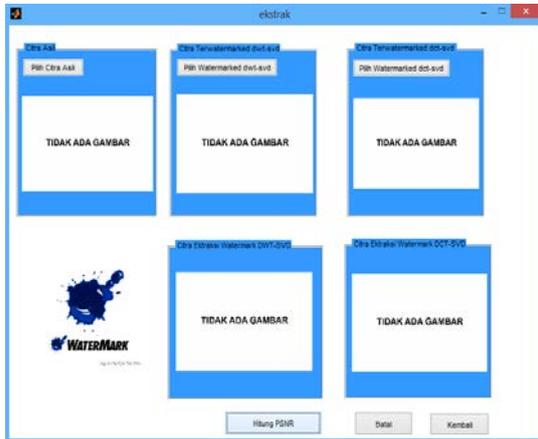
Halaman penyisipan akan muncul jika pengguna aplikasi memilih menu Penyisipan pada halaman Utama. Halaman penyisipan pada Gambar 5 terlihat beberapa tombol yang berfungsi untuk menjalankan perintah tertentu. Untuk memasukkan citra asli atau citra *host* maka pengguna harus menekan tombol pilih gambar pada panel citra asli, begitu juga pada panel citra *ter-watermark*. Untuk melakukan proses *watermark* terhadap citra yang telah dimasukkan, maka pengguna menekan tombol *watermarked* pada panel citra *ter-watermark*. Setelah proses selesai, maka akan ada nilai yang tampil pada setiap gambar hasil proses *watermark* berupa nilai PSNR.



Gambar 5 Halaman Penyisipan

Halaman ekstraksi akan muncul jika pengguna aplikasi memilih menu Ekstraksi pada halaman Utama. Halaman ekstraksi pada Gambar 6 terlihat beberapa tombol yang berfungsi untuk menjalankan perintah tertentu. Menu ini digunakan jika pengguna ingin mengambil kembali citra *watermark* yang sudah disisipkan kedalam citra asli. Untuk memasukkan citra asli atau citra *host* maka pengguna harus menekan tombol pilih gambar pada panel citra asli, begitu juga pada panel citra *watermarked* yang difungsikan untuk

menjalankan fungsi ekstraksi citra *watermarked*. Dalam menu ekstraksi ini *user* dapat melihat nilai PSNR citra hasil ekstraksi dengan citra *watermark* yaitu dengan cara pengguna memilih menu. Hitung PSNR maka tampilan yang akan muncul dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 6 Halaman Ekstraksi



Gambar 7 Halaman PSNR Ekstraksi

Pada menu Gambar 8 ini berisikan sedikit informasi tentang aplikasi yang dijalankan, yaitu informasi tentang metode yang digunakan dan informasi yang membangun aplikasi ini. Dalam halaman tentang ini terdapat tombol kembali, jika pengguna menekan tombol ini maka halaman ini akan di tutup dan menampilkan halaman utama. Berikut pada Gambar 8 merupakan tampilan halaman tentang aplikasi.



Gambar 8. Halaman Tentang

B. Pengujian Sistem

1) Pengujian *White Box*

Pengujian *white box* dilakukan dengan menguji kode-kode program yang dibuat pada aplikasi. Pengujian dilakukan dengan mengecek semua kode pada program telah dieksekusi. Pengujian *white-box* dilakukan dengan menguji perangkat lunak dari segi desain dan kode program apakah mampu menghasilkan fungsi-fungsi, masukan, dan keluaran yang sesuai dengan spesifikasi kebutuhan. Pengujian kotak putih dilakukan dengan memeriksa logik dari kode program[4]. Kode program yang digunakan dianalisis apakah terjadi kesalahan atau tidak, pengujian dilakukan dengan cara mengeksekusi program. Berikut ini akan dijelaskan tampilan dan potongan kode program untuk setiap menu pada aplikasi sebagai pengujian *white-box*.

2) Pengujian *Black Box*

Pengujian *black box* dilakukan dengan melihat hasil keluaran dari data masukan yang diproses tanpa melihat proses yang dilalui. Pengujian ini dilakukan membuat kasus uji yang bersifat mencoba semua fungsi dengan memakai perangkat lunak apakah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Kasus uji yang dibuat untuk melakukan pengujian kotak hitam

harus dibuat dengan kasus benar atau salah[4]. Berikut pengujian *black box* dari aplikasi yang dibangun:

a. Pengujian *Watermarking* Citra

Pengujian ini dilakukan dengan menguji aplikasi apakah menghasilkan keluaran berupa citra *watermarked*. Citra asli yang digunakan sebanyak 20 citra dengan 1 citra *watermark* yang berukuran 150 x 150. Berikut hasil uji aplikasi berdasarkan nilai PSNR:

Tabel 1 Hasil Uji Penyisipan Berdasarkan Nilai PSNR

Nama Citra Asli	Citra Watermark	PSNR Citra Watermarked (DWT-SVD)	PSNR Citra Watermarked (DCT-SVD)
Apel	Unib	44,69	43,88
Bayi Harimau	Unib	44,74	43,87
Buah	Unib	50,31	49,88
Cerry	Unib	40,48	39,85
Dogs	Unib	49,17	47,84
Ball	Unib	54,83	52,68
Green	Unib	47,58	47,17
Harimau	Unib	45,87	45,80
Kucing	Unib	44,43	43,47
Office	Unib	40,81	40,14
Bola Basket	Unib	42,81	42,04
Bola Raket	Unib	46,03	45,58
Bulutangkis	Unib	45,94	45,11
Frozen	Unib	42,49	41,65
IBL	Unib	53,05	52,72
Lima	Unib	44,99	43,58
Rumah Gadang	Unib	40,98	40,75
Aurora	Unib	48,63	47,56
Taman	Unib	45,14	44,47
Jembatan	Unib	46,56	45,82
Rata-Rata		45,98	45,19

Pada Tabel 1 terdapat nilai PSNR dan waktu eksekusi dari citra *watermarked* atau citra yang telah disisipi *watermark*. Waktu eksekusi dalam memberikan *watermark* ke dalam citra asli tidak memerlukan waktu yang lama. Dalam proses penyisipan, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyisipkan *watermark* adalah 0,97 detik. Hal ini disebabkan oleh penggunaan metode yang digunakan dalam proses penyisipan efisien terhadap citra yang diujikan yaitu hanya sedikit operasi yang dilakukan saat proses penyisipan *watermark*. Citra *watermarked* sedikit mengalami perubahan, hal ini disebabkan oleh *frekuensi* RGB dari citra asli dan citra *watermark*.

Perubahan nilai PSNR mengakibatkan citra menjadi lebih cerah dari citra asli hal ini disebabkan karena citra *watermark* yang disisipkan mempunyai warna lebih cerah atau dominan warna putih, sehingga citra yang disisipi menjadi lebih cerah.

b. Pengujian Ekstraksi Citra Watermark

Pengujian ekstraksi citra *watermarked* ini dilakukan apakah aplikasi mampu mengambil kembali citra *watermark* yang disisipkan dalam citra asli. Citra asli yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 20 citra, 1 citra *watermarked*. Citra *watermarked* yang diperoleh sebanyak 20 citra *watermarked* berdasarkan metode DWT-SVD dan 20 citra berdasarkan metode DCT-SVD. Berikut tabel 2 merupakan hasil pengujian ekstraksi.

Tabel 2 Pengujian Citra Hasil Ekstraksi Berdasarkan Nilai PSNR

Nama Citra Asli	Citra Watermark	PSNR Citra Hasil Watermark (DWT-SVD)	PSNR Citra Hasil Watermark (DCT-SVD)
Apel	Unib	25,02	24,94
Bayi Harimau	Unib	27,38	27,24
Buah	Unib	25,76	25,65
Cerry	Unib	24,80	24,62
Dogs	Unib	25,76	25,73
Ball	Unib	25,79	25,80
Green	Unib	26,50	26,12
Harimau	Unib	25,70	25,59
Kucing	Unib	30,37	32,36
Office	Unib	25,32	25,25
Bola Basket	Unib	25,10	25,03
Bola Raket	Unib	25,58	25,27
Bulutangkis	Unib	25,76	25,61
Frozen	Unib	27,97	28,08
IBL	Unib	25,42	25,33
Lima	Unib	25,25	25,10
Rumah Gadang	Unib	26,03	25,68
Aurora	Unib	25,59	25,56
Taman	Unib	27,93	28,43
Jembatan	Unib	28,25	45,82
Rata-Rata		26,26	26,36

Tabel 2 menunjukkan kualitas citra hasil watermark tersebut mengalami penurunan kualitas ditandai dengan nilai PSNR yang rata-rata pada metode DWT-SVD memiliki nilai sebesar 26,26 dengan nilai PSNR tertinggi terdapat pada citra Kucing.JPEG dengan nilai PSNR 30,37 dan terendah pada citra Apel.JPEG dengan nilai PSNR 25,02. Pada metode DCT-

SVD rata-rata nilai PSNR citra hasil ekstraksi adalah 26,36 dengan PSNR tertinggi terdapat pada citra Kucing.JPEG yaitu sebesar 32,36 dan nilai PSNR terendah terdapat pada citra Cerry.JPEG dengan nilai PSNR 24,62. Berdasarkan hasil perhitungan PSNR citra, kombinasi metode DCT-SVD pada proses ekstraksi citra *watermark* lebih baik dibandingkan dengan metode DWT-SVD. Pada tabel nilai PSNR rata-rata di bawah 30 yang menunjukkan kualitas yang cukup rendah. Jika nilai PSNR diatas atau sama dengan 40 maka menunjukkan kualitas citra yang tinggi.

Dengan hasil tersebut menandakan bahwa metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengekstraksi citra *watermarked* yaitu DWT-SVD dan DCT-SVD dapat berjalan dan menghasilkan keluaran yang diharapkan yaitu citra *watermark*.

Rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengekstraksi citra *watermarked* dengan kombinasi metode DWT-SVD adalah selama 0,87 detik dan dengan kombinasi metode DCT-SVD sebesar 0,90. Dari pengujian tersebut menunjukkan tidak butuh waktu yang lama dalam melakukan proses ekstraksi citra *watermark*. Perbedaan waktu eksekusi tersebut terjadi karena perbedaan metode dan operasi yang dilakukan dalam masing-masing metode yang digunakan. Semakin banyak operasi yang harus dikerjakan, maka semakin lama waktu eksekusi yang dibutuhkan.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa perancangan sistem, implementasi dan pengujian sistem, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi *watermark* pada digital ini dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman

Matlab R2013A. Dengan kombinasi metode *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT), dan *Singular Value Decomposition* (SVD) yang diimplementasikan pada proses penyisipan *watermark* dan ekstraksi *watermark*. Aplikasi ini memberikan hasil yang baik untuk penyisipan dan ekstraksi *watermark* pada citra digital baik dengan serangan maupun tanpa serangan. Dibuktikan dengan rata-rata nilai PSNR pada proses penyisipan pada kombinasi metode DWT-SVD adalah sebesar 45,74 dan rata-rata nilai PSNR pada proses penyisipan kombinasi metode DCT-SVD sebesar 45,16. Berdasarkan nilai PSNR yang diperoleh dari beberapa pengujian yang dilakukan untuk proses penyisipan, metode DWT-SVD lebih baik dibandingkan dengan DCT-SVD sedangkan untuk proses ekstraksi DCT-SVD lebih baik dibandingkan dengan DCT-SVD.

2. Kualitas citra yang diperoleh dari proses penyisipan *watermark* memiliki kualitas citra yang tinggi. Pada proses penyisipan *watermark* rata-rata nilai PSNR diatas 40 yang berarti kualitas citra *watermarked* hampir menyerupai citra aslinya. Kualitas citra ekstraksi sedikit mengalami penurunan kualitas. Kualitas citra ekstraksi memiliki rata-rata nilai PSNR dibawah 30 yang berarti kualitas citra tersebut rendah dari kedua kombinasi metode baik DWT-SVD dan DCT-SVD.

Berdasarkan implementasi dan pengujian sistem, maka untuk pengembangan penelitian selanjutnya penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Kelemahan kombinasi metode DWT-SVD dan DCT-SVD adalah lemahnya terhadap

serangan yang diberikan pada citra *watermarked* dan citra yang digunakan harus memiliki ukuran matrix yang sama. Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini sebaiknya menggunakan kombinasi metode yang berbeda pada saat penyisipan dan ekstraksi agar dapat memberikan kualitas citra yang lebih baik.

2. Aplikasi ini menggunakan kombinasi metode *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk penelitian selanjutnya sebaiknya gunakan kombinasi metode *watermarking* yang lainnya.

REFERENSI

- [1] Ariyus, D. (2006). *Kriptografi Keamanan Data Dan Komunikasi*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- [2] Purwandari, E. P. (2014). *Deteksi Pemalsuan Copy-Move Duplicated Region Pada Citra Digital Dengan Komputasi Numerik*. *Jurnal Pseudocode*, 1(1), 24-31
- [3] Cheddad, Conddel, Curran, & Kevit, M. (2010). *Survey And Analysis of Current Methods Signal Processing. Digital Image Steganography*, 727-752.
- [4] Rossa, A., & M. Shalahuddin. (2011). *Rekayasa Perangkat Lunak*. Bandung: Modula.