
Jurnal *Rekayasa Elektrika*

VOLUME 12 NOMOR 2

AGUSTUS 2016

**Analisis dan Simulasi Video Watermarking Menggunakan Metode
Dual Tree Complex Wavelet Transform (DT-CWT) dan Singular Value
Decomposition (SVD)**

41-47

Arina Fadhillah, Bambang Hidayat, dan Ratri Dwi Atmaja

JRE	Vol. 12	No. 2	Hal 41-72	Banda Aceh, Agustus 2016	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	-----------	-----------------------------	--------------------------------------

Analisis dan Simulasi Video Watermarking Menggunakan Metode Dual Tree Complex Wavelet Transform (DT-CWT) dan Singular Value Decomposition (SVD)

Arina Fadhilah¹, Bambang Hidayat², dan Ratri Dwi Atmaja²

¹Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro

²Magister Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro
Telkom University, Bandung 40257

e-mail: rhinafd@students.telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Pembajakan video adalah tindakan memperoleh, menyalin, dan kemudian menjual atau mendistribusikan video yang telah memiliki hak cipta tanpa persetujuan dari pemilik hak cipta. *Watermarking* video digital adalah salah satu cara untuk membatasi jenis pembajakan. Proses *watermarking* yaitu menanamkan informasi tambahan dalam sinyal video host sehingga *watermark* tak terlihat dan sulit untuk dihapus atau diubah. Video *watermarking* pada jurnal ini menggunakan media host video dengan format mp4 dan dua citra *watermark* yang berbeda. Frame video host dibagi dua sama banyak, dimana sebagian frame disisipi citra *watermark* 1 dan sebagian frame yang lain disisipi citra *watermark* 2. Metode yang digunakan adalah *Dual Tree Complex Wavelet Transform* (DTCWT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD). *Watermark* disisipkan dan diekstrak pada level 3 DTCWT dengan tujuan menganalisis kualitas video yang telah di-*watermarking* berdasarkan MOS dan PSNR serta menganalisis kualitas citra ekstraksi berdasarkan MOS dan MSE. Pada pengujian ekstraksi, video yang telah disisipi *watermark* diberikan beberapa serangan sebelum dilakukan ekstraksi. Berdasarkan nilai MOS dan PSNR, level DTCWT-SVD paling baik untuk dilakukan proses penyisipan citra *watermark* adalah level 4, sedangkan berdasarkan nilai MOS dan MSE citra ekstraksi terbaik dihasilkan dari level 3 DTCWT-SVD. *Sub-band* terbaik untuk penyisipan yaitu subband dengan tiga suku seperti $\{1,5\}\{1,1\}\{1,2\}$ dan $\{1,5\}\{1,2\}\{1,2\}$.

Kata kunci: *video watermarking, DTCWT, SVD*

Abstract— Video piracy is the act of obtaining, copying, and selling or distributing videos that already had the copyright without the consent of the copyright owner. *Watermarking* is a process which embeds an additional information in the host video signal so that the embedded watermark cannot be seen and difficult to be erased or altered. Video watermarking in this journal used a mp4 format video and two different watermark images. Host video frames are divided into two equal lots, some of the frames are embedded by watermark image 1, and the others are embedded by watermark images 2. The methods used are Dual-Tree Complex Wavelet Transform (DTCWT) and Singular Value Decomposition (SVD). The two watermarks are embedded and extracted in each subband at a depth level 1 to level 4 DTCWT - SVD with the aim of seeking the best subband and the best level for embedding and extracting. In the extraction testing, watermarked video is given several attacks before extraction process. Based on the MOS and PSNR value the DTCWT-SVD level for embedding process is level 4, and based on the MOS and MSE value, the best extraction images are produced from the level 3. The best subband for embedding watermark are the subbands with three parts such as $\{1,5\}\{1,1\}\{1,2\}$ and $\{1,5\}\{1,2\}\{1,2\}$.

Keywords: *video watermarking, DTCWT, SVD*

I. PENDAHULUAN

Tahun 2002, R.Liu dan T.Tau dalam jurnal IEEE yang berjudul “*An SVD Based Watermarking Scheme for Protecting Rightful Ownership*” mengaplikasikan SVD pada image *host* untuk menentukan nilai *singular*. Nilai *singular* tersebut dimodifikasikan dengan menambahkan watermark dan SVD yang digunakan kembali pada matriks hasil untuk menghitung nilai *singular* yang dimodifikasi. Pada tahun 2014 metode *watermarking* dilakukan

oleh Z.Dawei, C.Guanrong dan L.Wenbo. Watermark diaplikasikan pada koefisien *subimage Discrete Wavelet Transform* (DWT). *Subimage* ini dibangun dari konten asli menggunakan beberapa blok. Walaupun *robust* terhadap *cropping* tapi lemah untuk *frame dropping* dan *frame swapping*. Ketika berhadapan sinyal yang lebih dari 1 dimensi maka *Dual Tree Complex Wavelet Transform* (DT-CWT) adalah solusi yang bagus karena DT-CWT menambahkan rekonstruksi yang sempurna untuk sifat yang dimiliki oleh *complex wavelet. Dual Tree Complex*

Wavelet Transform (DT-CWT) diperkenalkan tahun 1998 oleh N. Kingsbury, memiliki keunggulan dari DWT dan CWT yaitu rekonstruksi sempurna, *shift invariance*, *good directional selectivity*, *redundant* terbatas, dan perhitungan orde N yang efisien.

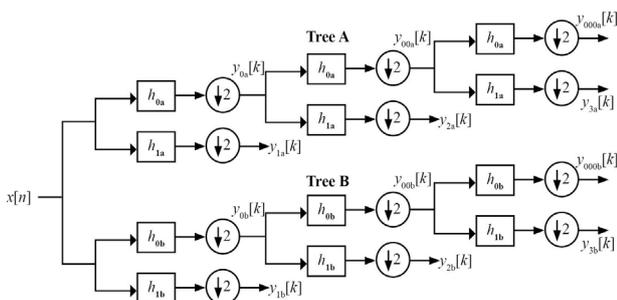
II. STUDI PUSTAKA

A. Watermarking

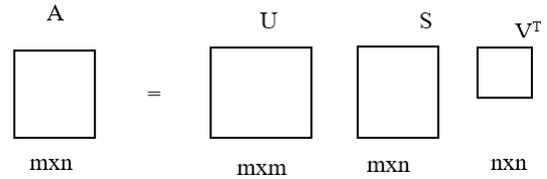
Watermarking sebagai bentuk dari *steganography* memiliki kelebihan ketahanan terhadap serangan. Walaupun data yang disisipkan diketahui oleh pihak lain, data tersebut haruslah sulit untuk dihilangkan oleh pihak yang tidak bertanggung jawab [1]. *Watermarking* digital dapat diartikan sebuah sinyal yang disisipkan pada suatu data digital (audio, video, citra maupun teks) sedemikian hingga dapat dideteksi atau diekstraksi kemudian tanpa mengubah atau menghilangkan fungsi utama dari data digital yang disisipi. Beberapa istilah yang sering digunakan dalam *watermarking* adalah *watermark*, *host*, dan *watermarked media*. *Watermark* merupakan sinyal yang disisipkan, *host* adalah istilah untuk media digital yang disisipi, sedangkan *watermarked media* adalah media yang telah disisipi watermark.

B. Dual Tree Complex Wavelet Transform (DTCWT)

DT-CWT diperkenalkan pada tahun 1998 oleh N. Kingsbury. Transformasi ini merupakan penggabungan dari keunggulan DWT dan CWT yaitu *perfect reconstruction*, *shift invariance*, baik dalam *directional selectivity*, memiliki *redundant* yang sangat sedikit, serta algoritme perhitungan yang minimalis [2]. Perkiraan *shift invariance* adalah fitur yang sangat berguna pada DT-CWT yang dapat dimanfaatkan saat merancang sebuah *watermarking* video yang kuat untuk distorsi geometris. Jika sebuah *frame* di-*resample* setelah *scaling* atau rotasi, DT-CWT akan menghasilkan jumlah set yang kira-kira sama dari koefisien seperti *frame* yang asli. Transformasi DT-CWT adalah sebuah variasi dari implementasi DWT tetapi perbedaan utamanya yaitu bahwa DT-CWT menggunakan 2 *filter trees* seperti yang ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Filter trees DT-CWT



Gambar 2. Matriks U, S, V^T

C. Singular Value Decomposition (SVD)

SVD adalah metode dekomposisi matriks *orthogonal* yang robust dan handal. SVD memiliki banyak nilai praktek dan teori sehingga dapat digunakan untuk banyak matriks (m,n) real [3]. Sebagai contoh terdapat sebuah matriks A memiliki jumlah baris m dan jumlah kolom n, dengan rank $r \leq n \leq m$. Matriks A dapat difaktorisasi menjadi 3 matriks yaitu $A=USV^T$. Analogi jumlah baris dan kolom matriks U, S, dan VT dapat dilihat pada Gambar 2.

Matriks U adalah matriks *orthogonal* $m \times m$

$$U = [u_1, u_2, \dots, u_r + 1, \dots, u_m]. \tag{1}$$

Vektor u_i , untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dari set ortonormal, seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.

$$u_i^T u_j = \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \tag{2}$$

Matriks V adalah matriks *orthogonal* $n \times n$

$$V = [v_1, v_2, \dots, v_r + 1, \dots, v_n] \tag{3}$$

Kolom vektor v_i , untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dari set ortonormal, seperti ditunjukkan pada Persamaan 4.

$$v_i^T v_j = \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \tag{4}$$

S adalah matriks diagonal $m \times n$ dengan nilai singular (SV) pada diagonalnya. Matriks S dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$S = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sigma_2 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \sigma_r & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \sigma_{r+1} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & \sigma_n \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \tag{5}$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, n$, σ_i disebut nilai *singular* (SV) dari matriks A, dapat dibuktikan bahwa

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq 0, \text{ dan}$$

$$\sigma_{r+1} = \sigma_{r+2} = \dots = \sigma_N = 0.$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, n$, σ_i disebut nilai *singular* (SV) dari matriks A. Kolom v_i 's disebut vektor *singular* kanan dan kolom u_i 's disebut vektor *singular* kiri.

D. MSE dan PSNR

Perhitungan kualitas citra dapat dilakukan dengan menghitung nilai MSE dan PSNR. PSNR merupakan perbandingan antara kualitas citra hasil rekonstruksi dengan citra asal. Istilah *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) menyatakan perbandingan antara kekuatan sinyal maksimum yang mungkin dari suatu sinyal digital dengan kekuatan *noise* yang mempengaruhi kebenaran sinyal tersebut[4]. Karena banyak sinyal memiliki *dynamic range* yang luas, maka PSNR biasanya diekspresikan dalam skala *logarithmic decibel*. PSNR didefinisikan melalui *signal-to-noise ratio* (SNR). SNR digunakan untuk mengukur tingkat kualitas sinyal. Kualitas sinyal berbanding lurus dengan nilai SNR. Semakin besar nilai SNR semakin baik kualitas sinyal yang dihasilkan. Untuk menghitung SNR, pertama kali harus menghitung nilai *Mean Squared Error* (MSE) dari suatu citra hasil rekonstruksi. MSE sendiri merepresentasikan tingkat perbedaan pixel antara citra satu dengan citra lainnya[5]. Pada Persamaan 6, terlihat bahwa MSE didapat dari nilai piksel dua citra yang dibandingkan. Pada jurnal ini, citra yang dibandingkan adalah citra watermark sebelum disisipkan ke video host dengan citra sesudah diekstraksi dari video host. Sedangkan pada Persamaan 7 dapat diketahui bahwa PSNR dapat dicari setelah nilai MSE diketahui.

$$MSE = \sum \frac{[f(i,j) - F(i,j)]^2}{M \times N} \tag{6}$$

$f(i,j)$ = nilai *pixel* pada citra watermark asli
 $F(i,j)$ = nilai *pixel* pada citra hasil ekstraksi
 M = jumlah baris matriks citra
 N = jumlah kolom matriks citra

$$PSNR = 20 \log_{10} \frac{255}{MSE} \tag{7}$$

E. Mean Opinion Score

Mean Opinion Square (MOS) adalah metode penilain subjektif oleh koresponden pada digital image atau video [6] maupun audio [7]. Bobot parameter MOS direpresentasikan dengan skala nilai 1-5. Hasil pengujian MOS bersifat sangat subjektif karena penilaian sangat bergantung kepada opini manusia. Tabel 1 memperlihatkan bobot parameter MOS

Tabel 1. Bobot Parameter MOS

Opini	Nilai
Sempurna	5
Mirip	4
Cukup Mirip	3
Kurang Mirip	2
Tidak Mirip	1

III. METODE

A. Datasheet

Data yang digunakan dalam pengujian sistem ini adalah video *host* yang merupakan video asli berformat berukuran 1280x720 dengan jumlah *frame* perdetik sebanyak 25. Video *host* memiliki durasi 4 detik sehingga total *frame* yang digunakan adalah 100 *frame*. Gambar 3 menunjukkan salah satu *frame* yang diambil dari video *host*. Citra yang digunakan adalah dua citra watermark berformat.bmp dengan ukuran citra watermark 1 yaitu 471x114 *pixel* dan citra watermark 2 berukuran 638x114 *pixel*. Citra *watermark* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

B. Proses Penyisipan Watermark

Dalam penyisipan *watermark* melalui beberapa tahapan. Beberapa proses dan tahapan tersebut dijabarkan melalui diagram pada Gambar 6.

1. Video host yang akan disisipi dikonversi menjadi frame-frame. Setiap frame akan disisipi oleh satu file watermark.
2. Konversi warna RGB pada semua *frame* menjadi ruang warna YCbCr.
3. Melakukan dekomposisi DTCWT level 3. Pemilihan level berpengaruh terhadap ukuran *subband* yang akan disisipi watermark, ukuran *subband*, S dapat dirumuskan sebagai berikut,

$$S = \frac{N_1}{2^L} \times \frac{N_2}{2^L} \tag{8}$$

Dimana:

N_1 = lebar *frame host*
 N_2 = tinggi *frame host*
 L = level DTCWT



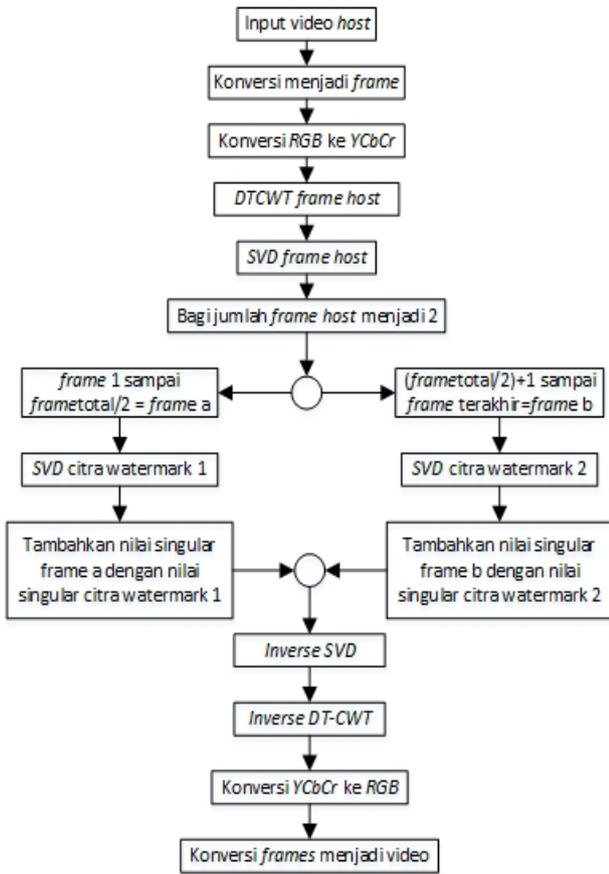
Gambar 3. Frame video Host

WAVELET

Gambar 4. Citra watermark 1

TRANSFORM

Gambar 5. Citra watermark 2



Gambar 6 Diagram penyisipan watermark

Sehingga *subband* yang disisipi oleh citra watermark berukuran 160x90 *pixel* atau 1/8 bagian dari keseluruhan *frame* video.

4. *Subband frame host* didekomposisikan dengan *SVD* untuk mendapatkan matriks $[U_h S_h V_h]$, dimana S_h adalah matriks *singular* video *host*.
5. Bagi seluruh jumlah *frame host* menjadi 2 di mana *frame 1* sampai $frametotal/2$ adalah *frame a* dan $(frametotal/2)+1$ sampai *frame terakhir* adalah *frame b*. Dalam jurnal ini video memiliki 100 *frame* sehingga *frame 1* sampai 50 disebut *frame a* dan *frame 51* sampai 100 disebut *frame b*.
6. Citra watermark 1 dan 2 diubah ukurannya menjadi 160x90 *pixel* agar bisa dilakukan operasi penambahan dengan *subband*.
7. Citra watermark 1 didekomposisikan dengan *SVD* untuk mendapatkan matriks $[U_w, S_w, V_w]$, dimana S_w adalah matriks *singular* citra watermark 1.
8. Citra watermark 2 didekomposisikan dengan *SVD* untuk mendapatkan matriks $[U_w, S_w, V_w]$, dimana S_w adalah matriks *singular* citra watermark 2.
9. Tambahkan nilai *singular* citra watermark 1 dengan nilai *singular* setiap *frame host* agar didapat nilai *singular* watermark 1 ($S_{watermark1} = S_h + S_{w1}$).
10. Tambahkan nilai *singular* citra watermark 2 dengan nilai *singular* setiap *frame host* agar didapat nilai *singular* watermark 1 ($S_{watermark2} = S_h + S_{w2}$).
11. Lakukan invers *SVD* pada *frame* yang telah disisipi

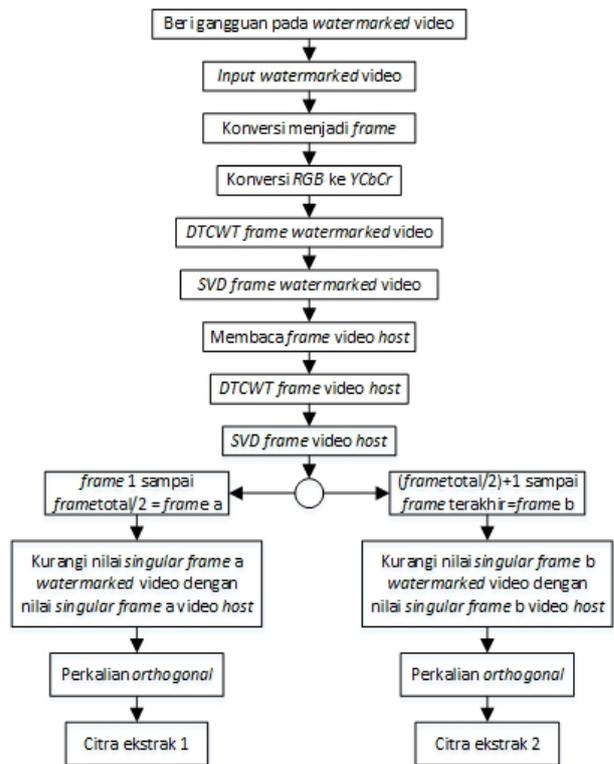
dengan cara mengalikan matriks U *frame host*, matriks S watermark dan matriks *transpose* V *host* ($U_h * S_{watermark} * V_h^T$).

12. Lakukan invers *DTCWT*, lalu konversi ruang warna *YCbCr* pada setiap *frame* ke *RGB*.
13. Konversi *frame-frame RGB* menjadi sebuah video yang telah di watermark.

C. Proses Ekstraksi Watermark

Dalam penyisipan watermark melalui beberapa tahapan. Beberapa proses dan tahapan tersebut dijabarkan melalui diagram pada Gambar 7. Sebelum ekstraksi pada video dilakukan, akan ditentukan apakah *watermarked* video akan diberi gangguan atau tidak. Jika tidak diberi gangguan, *watermarked* video akan langsung diekstraksi, namun jika diberi gangguan maka pilih salah satu jenis gangguan yang akan diberikan. Tujuan diberikannya gangguan adalah untuk menguji ketahanan watermark terhadap berbagai macam gangguan. Pada jurnal kali ini pilihan gangguan yang diujikan adalah *rescaling*, kompresi, *frame dropping*, dan *frame swapping*.

1. Memberi gangguan pada *watermarked* video yang akan diekstraksi. Pemberian jika tidak ingin diberi gangguan maka *watermarked* video dapat langsung diekstraksi.
2. *Watermarked* video yang akan diekstraksi dikonversi menjadi *frame-frame*.
3. Konversi warna *RGB* pada semua *frame* menjadi ruang warna *YCbCr*.
4. Dekomposisikan *DTCWT* level 3 pada semua



Gambar 7. Diagram ekstraksi watermark

frame watermarked video.

5. Dekomposisikan semua *frame watermarked* video dengan SVD untuk mendapatkan matriks [*Uwatermark Swatermark Vwatermark*], dimana *Swatermark* adalah matriks *singular frame watermarked* video.
6. Baca *frame* video *host*, yaitu video sebelum disisipi watermark, lalu konversi menjadi *frame-frame*.
7. Dekomposisikan DTCWT level 3 pada semua *frame* video *host*.
8. Dekomposisikan semua *frame* video *host* dengan SVD untuk mendapatkan matriks [*Uh Sh Vh*], dimana *Sh* adalah matriks *singular* video *host*.
9. Bagi seluruh jumlah *frame host* dan *frame watermarked* video menjadi 2 di mana *frame* 1 sampai $\frac{\text{frame total}}{2}$ adalah *frame* a dan $(\frac{\text{frame total}}{2})+1$ sampai *frame* terakhir adalah *frame* b, dalam jurnal ini video memiliki 100 *frame* sehingga *frame* 1 sampai 50 disebut *frame* a dan *frame* 51 sampai 100 disebut *frame* b.
10. Kurangkan nilai *singular frame watermarked* video dengan nilai *singular frame* video *host* ($S_{\text{ekstrak1}} = S_{\text{watermark}} + S_{\text{host}}$). Lakukan operasi pengurangan nilai *singular* ini untuk *frame* 1 sampai *frame* 50.
11. Kurangkan nilai *singular frame watermarked* video dengan nilai *singular frame* video *host* ($S_{\text{ekstrak2}} = S_{\text{watermark}} + S_{\text{host}}$). Lakukan operasi pengurangan nilai *singular* ini untuk *frame* 51 sampai *frame* 100.
12. Lakukan perkalian *orthogonal* untuk mendapatkan citra ekstrak 1 pada *frame* 1 sampai *frame* 50 ($U_{w1} * S_{\text{ekstrak1}} * V_{w1}'$) dimana U_{w1} dan V_{w1}' didapat dari dekomposisi SVD citra watermark 1.
13. Lakukan perkalian *orthogonal* untuk mendapatkan citra ekstrak 2 pada *frame* 51 sampai *frame* 100 ($U_{w2} * S_{\text{ekstrak1}} * V_{w2}'$) dimana U_{w2} dan V_{w2}' didapat dari dekomposisi SVD citra watermark 2.
14. Mencari citra ekstraksi 1 dengan cara membandingkan nilai MSE dari semua citra *watermarking* 1 yang diekstrak. Citra ekstrak dengan nilai MSE terendah akan muncul.
15. Mencari citra ekstraksi 2 dengan cara membandingkan nilai MSE dari semua citra *watermarking* 2 yang diekstrak. Citra ekstrak dengan nilai MSE terendah akan muncul.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Penyisipan Watermark pada Video

Pada penyisipan level 3 DTCWT-SVD didapat nilai PSNR dari setiap *frame*. Pada Tabel 2, ditunjukkan beberapa *sample frame* yang mewakili video beserta nilai PSNR. *Frame* 1-50 di sisipi citra watermark 1, sedangkan *frame* 51-100 disisipi citra watermark 2.

PSNR didapat dengan membandingkan setiap *watermarked* video dengan video *host* yang belum disisipi watermark. Pencarian nilai PSNR dihitung menggunakan

Tabel 2 PSNR frame video

Frame	PSNR (dB)	Frame	PSNR (dB)
1	30,98	50	31,32
5	31,21	55	31,15
10	31,14	60	31,15
15	31,1	65	31,2
20	31,24	70	31
25	31,3	75	33,88
30	31,33	80	32,2
35	31,24	85	32,12
40	31,27	90	32,33
45	31,3	100	32,22

Persamaan (6) dan Persamaan (7), dimana $f(i,j)$ adalah nilai pixel pada *frame* video *host* sebelum disisipi, $F(i,j)$ adalah nilai pixel pada *frame* video *host* setelah disisipi watermark (*watermarked* video), M merupakan jumlah baris matriks *frame* video dan N merupakan jumlah kolom matriks *frame* video. Misalkan kita ingin mencari PSNR pada *frame* pertama maka nilai piksel $f(i,j)$ diambil dari *frame* 1 video *host*, $F(i,j)$ diambil dari *frame* 1 *watermarked* video.

Berdasarkan nilai PSNR yang didapat menunjukkan bahwa setiap *frame* pada *watermarked* video memiliki tingkat kesamaan yang tinggi dengan *frame* video *host*. Gambar 8 (a), (b), (c) dan (d) merupakan contoh *frame* dari video yang telah disisipi watermark dimana Gambar 8(a) dan 8(b) merupakan *frame* yang disisipi citra watermark 1 dan Gambar 8(c) dan 8(d) merupakan *frame* yang disisipi citra watermark 2.

Dari hasil metode penyisipan DTCWT-SVD level 3 dilakukan pengujian subjektif dengan mengambil data dari 40 responden dengan ruang sampel mahasiswa dan masyarakat umum di daerah sekitar Telkom University. Penilaian dilakukan dengan memperlihatkan video *host* sebelum disisipi watermark dan video yang telah disisipi watermark. Responden kemudian membandingkan tingkat kemiripan kedua video tersebut. Hasil dari pengujian subjektif yaitu didapat nilai MOS rata-rata 4,87. Nilai rata-rata didapat dari penghitungan menggunakan persamaan (3). Data tersebut menunjukkan bahwa berdasarkan penglihatan manusia, *watermarked* video memiliki tingkat kemiripan yang nyaris sempurna dengan video *host* asli.

B. Hasil Pengujian Citra Ekstraksi

Pada pengujian ekstraksi parameter yang digunakan adalah nilai MOS dan MSE. Setelah video *host* disisipi watermark, video diberi gangguan untuk menguji tingkat ketahanan watermark. Gangguan yang digunakan yaitu:

1. Rescaling

Rescaling adalah tindakan mengubah ukuran video menjadi lebih besar atau lebih kecil dari ukuran video asli tanpa mengurangi informasi dari video tersebut. Pada pengujian kali ini video akan di *rescaling* menjadi 780x440 *pixel*.



(a)



(c)



(b)



(d)

Gambar 8. *Frame watermarked* video (a) dan (b) *frame* 1 dan 5 yang disisipi citra watermark 1, (c) dan (d) *frame* 55 dan 80 yang disisipi citra watermark 2

2. Kompresi

Watermarked video akan dikompres menggunakan *winrar* kemudian diekstrak dari *winrar*.

3. *Frame Dropping*

Frame dropping merupakan tindakan menghilangkan satu atau lebih *frame* pada video. Pada pengujian ini akan dihilangkan satu *frame* yang disisipi citra watermark 1 dan satu *frame* yang disisipi citra watermark 2.

4. *Frame Swapping*

Frame Swapping merupakan tindakan menukar *frame* satu dengan *frame* lainnya. Pada pengujian ini akan ditukar dua buah *frame* yang disisipi cira watermark 1 dan dua buah *frame* yang disisipi citra watermark 2.

Dari analisis jurnal ini, nilai MSE pada setiap citra hasil ekstraksi dengan gangguan atau tanpa gangguan. MSE merepresentasikan perbedaan *pixel* citra ekstraksi dengan citra watermark sebelum disisipkan. Semakin kecil nilai MSE semakin sedikit perbedaan citra ekstraksi dengan citra watermark sebelum disisipkan. Perbandingan kemiripan citra asli dengan citra ekstraksi dalam nilai MSE ditunjukkan oleh Tabel 3.

MSE didapat dengan membandingkan citra watermark sebelum disisipkan dengan citra watermark setelah diekstrak dari *watermarked* video. Pencarian nilai MSE dihitung menggunakan Persamaan (6), dimana $f(i,j)$ adalah nilai *pixel* pada citra watermark asli sebelum disisipkan ke video *host*, $F(i,j)$ adalah nilai *pixel* pada citra watermark yang telah diekstrak dari *watermarked* video, M merupakan jumlah baris matriks citra watermark dan N merupakan jumlah kolom matriks citra watermark.

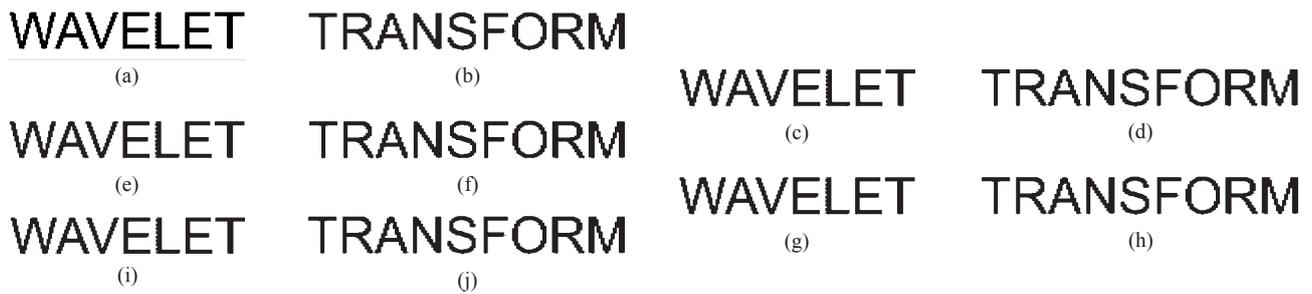
Gambar 9 (a) dan Gambar 9 (b) adalah citra watermark

1 dan citra watermark 2 diekstraksi langsung dari *watermarked* video tanpa diberi gangguan terlebih dahulu. Gambar 9 (c) dan (d) adalah citra watermark 1 dan citra watermark 2 yang telah diekstraksi dari *watermarked* video dimana sebelum dilakukan ekstraksi *watermarked* video dikompres dahulu menggunakan *winrar*. Gambar 9 (e) dan (f) adalah citra watermark 1 dan citra watermark 2 yang telah diekstraksi dari *watermarked* video dimana sebelum diekstraksi *watermarked* video di *rescaling* atau diperkecil ukurannya menjadi 640x360 *pixel* atau setengah kalinya. Gambar 9 (g) dan (h) adalah citra watermark 1 dan citra watermark 2 yang telah diekstraksi dari *watermarked* video dimana sebelum diekstraksi pada *watermarked* video dilakukan *frame swapping* atau menukar posisi *frame* video. *Frame* yang ditukar adalah *frame* 1 dengan *frame* 2 dan *frame* 53 dengan *frame* 55. Gambar 9 (i) dan (j) adalah citra watermark 1 dan citra watermark 2 yang telah diekstraksi dari *watermarked* video dimana sebelum dilakukan ekstraksi *watermarked* video telah mengalami *frame dropping* atau dihilangkan dua *frame* nya yaitu *frame* 2 dan *frame* 80 sehingga tersisa 98 *frame*.

Selain melakukan pengujian objektif pada citra hasil

Tabel 3. Perbandingan Nilai MSE (dB)

Parameter	Citra Ekstrak 1	Citra Ekstrak 2
Tanpa Gangguan	0	0
Kompresi	0	0
Rescaling	$6,94 \times 10^{-5}$	0
Frame Swapping	0	0
Frame Dropping	0	0



Gambar 9. (a) dan (b) hasil ekstraksi *frame swapping*, (c) dan (d) hasil ekstraksi kompresi, (e) dan (f) hasil ekstraksi *rescaling*, (g) dan (h) hasil ekstraksi *frame swapping*, (i) dan (j) hasil ekstraksi *frame dropping*

ekstraksi, pengujian subjektif juga dilakukan pada proses ekstraksi DTCWT-SVD level 3. Data diambil dari 40 responden dengan ruang sampel mahasiswa dan masyarakat umum di daerah sekitar Telkom University. Penilaian dilakukan dengan memperlihatkan citra watermark 1 dan 2 yang asli sebelum disisipkan seperti pada Gambar 4 dan 5. Responden kemudian diperlihatkan citra watermark hasil ekstraksi tanpa gangguan seperti pada Gambar 8(a) dan 8(b), citra watermark hasil ekstraksi dengan gangguan kompresi seperti pada Gambar 9(c) dan 9(d), citra watermark hasil ekstraksi dengan gangguan *rescaling* seperti pada Gambar 9(e) dan 9(f), citra watermark hasil ekstraksi dengan gangguan *frame swapping* seperti pada Gambar 9(g) dan 9(h), dan citra watermark hasil ekstraksi dengan gangguan *frame dropping* seperti pada Gambar 9(i) dan 9(j). Responden kemudian membandingkan tingkat kemiripannya citra watermark asli dengan masing-masing citra watermark hasil ekstraksi. Hasil dari pengujian subjektif setelah di rata-rata ditunjukkan oleh Tabel 4. Misalkan ingin mengetahui MSE perbandingan citra 1 watermark asli dengan citra 1 watermark hasil ekstraksi tanpa gangguan maka nilai rata-rata MOS didapat dari Persamaan 9.

$$X = \frac{\sum \text{MOS}}{\sum \text{Koresponden}} \quad (9)$$

Dimana X= nilai rata-rata MOS dari perbandingan citra watermark 1 asli dengan citra watermark 1 hasil ekstraksi tanpa gangguan, $\sum \text{MOS}$ = jumlah nilai MOS dari 40 koresponden, $\sum \text{Koresponden}$ = jumlah koresponden.

V. KESIMPULAN

Metode DTCWT-SVD pada level tiga merupakan metode yang baik untuk digunakan dalam teknik video watermarking. *Frame watermarked* video yang dihasilkan oleh proses penyisipan citra watermark ke dalam video host memiliki rentang nilai PSNR 30,98 dB hingga 33,88 dB yang ditunjukkan oleh tabel 2 dan nilai rata-rata MOS sebesar 4,87. Hal tersebut menunjukkan bahwa *watermarked* video hampir sempurna mirip dengan video *host*.

Citra hasil ekstraksi 2 memiliki nilai MSE 0 dB pada semua kondisi dengan gangguan dan tanpa gangguan.

Tabel 4. Perbandingan Nilai MOS

Parameter	Citra Ekstrak 1	Citra Ekstrak 2
Tanpa Gangguan	3,13	3,40
Kompresi	3,10	3,40
Rescaling	3,10	3,43
Frame Swapping	3,10	3,43
Frame Dropping	3,10	3,43

Citra hasil ekstraksi 1 pada gangguan *rescaling* nilai MSE tidak 0, namun nilai MSE pada *rescaling* tetap dapat dianggap baik karena mendekati 0 dB. Nilai MOS yang didapat pada proses ekstraksi berada pada nilai di atas 3. Dari hasil yang didapat secara perhitungan rumus dan berdasarkan subjektivitas manusia citra hasil ekstraksi masih membawa informasi yang mirip dengan citra watermark sebelum disisipkan.

REFERENSI

- [1] Frank Hartung and Martin Kutter, "Multimedia watermarking techniques", in Proc. of the IEEE Conference on Control Applications, vol. 87, no. 7, July. 1999.
- [2] N. Kingsbury, "The dual-tree complex wavelet transform: A new technique for shift invariance and directional filters", presented at the IEEE DSP workshop, Bryce Canyon, UT, 1998, no. 86.
- [3] Rowayda A. Sadek, "SVD based image processing application: State of the art, contributing, and research challenges", IJACSA, vol. 3, no. 7, 2012.
- [4] Yusra A. Y. Al-Najjar and Der Chen Soong, "Comparison of image quality assessment: PSNR, HVS, SSIM, UIQI," International Journal of Scientific & Engineering Research, vol. 3, no. 8, August 2012.
- [5] Pooja Kaushik and Yuvraj Sharma, "Comparison of different image enhancement techniques based upon PSNR & MSE," International Journal of Applied Engineering Research, vol. 7, no. 11, 2012 .
- [6] ITU-R BT.500-11. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures. 2002.
- [7] ITU-T P.500-11. Methodology for objective and subjective assessment of quality, Mean Opinion Score (MOS) terminology. 2006.
- [8] Shrirang D. Mandlik and K. Sujatha, "Restrict Piracy of Videos using DWT-SVD based Video Watermarking". International Journal of Computer Application, vol. 123, no. 1, August 2015.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

