

## IMPLEMENTASI DAN ANALISIS VIDEO WATERMARKING BERBASIS DWT-DCT-SS DENGAN WATERMARK TERKOMPRES *COMPRESSIVE SENSING*

Rizky Naingolan<sup>1</sup>, Efri Suhartono<sup>2</sup>, Irma Safitri<sup>3</sup>

Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Jawa Barat 40257<sup>123</sup>  
[naingolanrizky24@gmail.com](mailto:naingolanrizky24@gmail.com)<sup>1</sup>, [Efrisuhartono@telkomuniversity.ac.id](mailto:Efrisuhartono@telkomuniversity.ac.id)<sup>2</sup>, [irmasaf@telkomuniversity.ac.id](mailto:irmasaf@telkomuniversity.ac.id)<sup>3</sup>

**Abstrak** – *Watermarking* merupakan salah satu cara untuk melindungi hak cipta atas produk multimedia dengan menyisipkan informasi tambahan dalam sinyal video host, dimana tanda informasi yang disisipkan tidak kasat mata, sulit dihapus maupun dirubah. Pada penelitian ini host berupa video disisipkan suatu pesan berupa citra gambar dengan jenis *black and white* yang sudah tercompressive sensing (CS). Metode yang digunakan pada penyisipan adalah DWT-DCT-SS. Berdasarkan hasil dari pengujian sistem dengan menggunakan layer blue, sub band LL, mother wavelet db 1, dan measurement rate 80% menghasilkan nilai rata-rata PSNR sebesar 86,9216 dB; MSE sebesar 27,39059667; dan BER sebesar 0,162519. Sistem dapat bertahan dengan baik terhadap serangan *Noise Gaussian Blur*.

**Kata Kunci** : Video Watermarking, Compressive Sensing (CS), DWT-DCT-SS

**Abstract** - *Watermarking is one way to protect the copyright of multimedia products by inserting additional information in the video host signal, where the information mark inserted is invisible, difficult to delete or change. In this research, the host as a video was inserted a message in the form of compressed sensing black and white image. The method used in the insertion is DWT-DCT-SS. Based on the testing of the system by using the blue layer, sub band LL, mother wavelet db 1, and the measurement rate of 80% produces an average PSNR value of 86.9216 dB; MSE of 27.39059667; and BER 0.162519. The system can defend well against Noise Gaussian Blur attacks.*

**Keywords:** *Video Watermarking, Compressive Sensing (CS), DWT-DCT-SS*

### 1. Pendahuluan

Dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat, mudah bagi seseorang untuk mendapatkan informasi digital, baik itu gambar, audio, maupun video. Tetapi dibalik hal positif dari perkembangan teknologi terdapat hal negatif yang begitu signifikan, salah satunya adalah pembajakan informasi. Pembajakan informasi merupakan suatu bentuk kegiatan merubah suatu bagian kecil dari sebuah informasi dan menyebarkan tanpa memperhatikan nilai-nilai hak cipta dari suatu informasi itu sendiri. Salah satu pembajakan yang paling marak adalah pembajakan video. Teknik watermarking merupakan salah satu solusi untuk meminimalisir pembajakan, yang dimana *watermarking* merupakan proses perlindungan karya cipta dengan memberikan tanda di dalam karya cipta tersebut.

*Digital Watermarking* adalah suatu teknik penyisipan sebuah data atau informasi ke dalam citra *host* agar orang lain tidak menyadari ada suatu informasi tambahan pada citra *host* tanpa mengganggu file asli dari data tersebut [1]. *Watermarking* terdiri dari beberapa jenis yaitu *Audio watermarking*, *Image watermarking*, *Video Watermarking*. *Digital Watermarking* memiliki banyak aplikasi yang dapat digunakan sebagai bukti kepemilikan otentikasi, perlindungan *copyright*, *fingerprinting*, dan *tamer proofing*. *Digital watermark* harus memenuhi beberapa kriteria yaitu 1) *Imperceptible*: *watermark* tidak boleh tampak oleh mata manusia, serta tidak degradasi pada citra. 2) *Robustness*: seberapa kuat *watermark* dapat bertahan dari bermacam serangan *compresssinon*. 3) *security*: *watermark* yang disisipkan tidak mudah untuk di ambil secara sembarang [1].

*Discrete Cosine Transform (DCT)* dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* merupakan teknik yang banyak digunakan pada teknik *watermarking* domain transformansi. *DCT* menghitung kuantitas bit-bit pada gambar dimana pesan tersebut disembunyikan didalamnya, meskipun gambar akan di kompresi dengan *lossy compression*, hal ini tidak akan menimbulkan kecurigaan akan perubahan gambar, karena *DCT* bekerja pada Domain frekuensi *image* bukan domain spasialnya. Akan tetapi implementasi algoritma *DCT* cukup panjang dan membutuhkan banyak perhitungan sehingga proses penyisipan dan ekstraksi *watermark* memakan waktu yang lama, oleh sebab itu dengan mengkombinasikan *DWT* yang dimana dapat menghasilkan empat bagian frekuensi, satu bagian frekuensi rendah, tiga bagian frekuensi tinggi, maka waktu yang diperlukan dapat direduksi [2] [3].

Spread spectrum (SS) adalah sebuah komunikasi yang dimana semua sinyal informasi disebar diseluruh spectrum frekuensi yang tersedia. Menyebarkan sinyal informasi melalui bandwidth yang lebih luas agar tidak terjadinya pencetakan informasi, sehingga *watermark* memiliki ketahanan terhadap gangguan [4].

### 2. Dasar Teori

#### 2.1. Watermarking

*Watermarking* adalah salah satu teknik penyembunyian data dengan maksud untuk melindungi data yang telah disisipkan dengan informasi dengan tujuan untuk melindungi hak cipta dan keaslian citra [8].

## 2.2. Audio Video Interleave (AVI)

AVI adalah format file penyimpanan data-data multimedia. AVI diperkenalkan pertama kali oleh Microsoft pada bulan November 1992 sebagai bagian dari teknologi video dalam *platform* Microsoft Windows. Format file AVI dapat menyimpan data video dan *audio* dan dapat memainkan kedua jenis data tadi secara bersamaan. AVI memiliki jenis *codec* yang berbeda-beda, seperti halnya MPEG yang memiliki jenis berbeda-beda (MPEG1, MPEG2, MPEG4). Dalam Penelitian ini memakai video jenis AVI *uncompressed* atau disebut juga AVI *full frames*. Suatu file multimedia dengan format AVI *uncompressed* memiliki informasi *frame-frame* gambar yang disimpan dengan menggunakan format *bitmap* tiga layer warna 8 bit, jadi untuk satu *pixel* data *bitmap* akan disimpan dalam wadah berukuran 24 bit. Format file AVI termasuk salah satu format yang menggunakan metaformat RIFF (*Resource Interchange File Format*) yang membagi data ke dalam bagian-bagian atau blok-blok yang disebut *chunk*. Setiap *chunk* diidentifikasi dengan *tag-tag* tertentu seperti pada struktur *file* berformat RIFF berikut, dimana masing-masing *tag* memiliki kode unik empat *bytes* [10].

## 2.3. Citra Digital

Citra digital adalah suatu tiruan atau representasi dari sebuah objek dalam bidang 2 dimensi. Citra yang terlihat ini merupakan pantulan cahaya dari sebuah objek kemudian akan ditangkap oleh alat-alat optik seperti kamera, *scanner* dan alat lainnya. Selain itu, citra dapat didefinisikan sebagai fungsi intensitas cahaya dalam 2 bidang dimensi  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  menyatakan koordinat spasial dan harga  $f$  pada sembarang titik  $(x,y)$  sebanding dengan skala keabuan (*brightness*) dari citra pada titik tersebut [5].

Proses digitalisasi citra terbagi atas dua proses, yaitu digitalisasi skala keabuan  $f(x,y)$  yang disebut dengan kuantisasi derajat keabuan, dan digitalisasi koordinat  $(x,y)$  yang disebut pencuplikan citra digital direpresentasikan dengan matriks berukuran  $M \times N$ , dimana nilai elemen matriks menyatakan derajat keabuan citra dan posisi elemen menyatakan koordinat titik-titik  $(x,y)$ . Matriks representasi citra digital dapat dilihat dari persamaan di bawah ini.

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & f(0,M-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & f(1,M-1) \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & f(N-1,M-1) \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

dimana [11]:

$0 \leq x \leq M-1$ ,  $0 \leq y \leq N-1$ , dan  $0 \leq f(x,y) \leq L-1$

Keterangan:

M = jumlah kolom  $0 \leq x \leq M-1$

N = jumlah baris  $0 \leq y \leq N-1$

L = maksimum intensitas warna (*gray level*)

Komputer digunakan untuk memproses citra dengan menjadikan citra sebagai masukannya. Citra digital merupakan fungsi kontinyu dari intensitas cahaya yang ditangkap dan dihasilkan dari citra *analog* kontinyu yang koordinat ruang dan intensitas cahayanya diubah ke bentuk diskrit lalu akan ditampilkan di layar komputer dengan berbagai macam susunan warna dan tingkat kecerahan. Hal tersebut disebabkan oleh susunan warna sebuah citra yang mengandung jumlah warna dan tingkat kecerahan yang tidak terbatas.

### 2.3.1. Ragam Citra Digital

Berdasarkan ruang warna dan banyak bit dalam satu sel, citra digital memiliki beberapa jenis citra yaitu :

#### a. Citra Biner

Citra biner merupakan citra digital yang berwarna hitam dan putih yang merupakan nilai pixel dari sebuah citra dimana kedua warna tersebut disimpan pada memori yang membutuhkan 1 bit untuk menyimpan bit 0 yang mewakili warna hitam dan bit 1 mewakili warna putih.



Figure 1 Citra Biner [18]

#### b. Citra Grayscale

Citra *grayscale* memiliki warna yang sedikit lebih banyak dibandingkan citra *binary*. Pada citra *grayscale*, setiap pikselnya direpresentasikan dengan satu nilai yang menunjukkan nilai warna dari hitam ke putih

(*graylevel*). Jumlah maksimum warna yang ada tergantung dari besarnya bit penyimpanan yang digunakan setiap pikselnya. Jika menggunakan skala keabuan 4 bit, maka kemungkinan warnanya ada  $2^4 = 16$ , yaitu berkisar antara 0 (min) sampai 15 (max). Sedangkan jika menggunakan skala keabuan 8 bit, maka kemungkinan warnanya  $2^8 = 256$  yaitu mulai dari warna 0 (min) dan 255 (max)[5].



Figure 2 Citra Grayscale [18]

**c. Citra Warna**

Citra warna adalah citra yang terdiri dari 3 kombinasi warna yaitu *Red*, *Green*, dan *Blue* atau sering disebut dengan RGB. Setiap warna memiliki penyimpanan sebesar 8 bit yang setara dengan 1 *byte*. Setiap warna mempunyai intensitas sendiri dengan nilai maksimum 255 (8 bit). Pemilihan skala 256 ini didasarkan pada penggunaan 8 digit bilangan biner dalam mesin komputer, sehingga akan diperoleh warna total sebanyak  $16.777.216$  warna [12].



Figure 3 Citra warna [18]

**2.4. YCbCr**

Dalam ruang warna YCbCr, Y adalah pencahayaan, Cb adalah *Chrominanceblue* dan Cr adalah komponen merah *Chrominance*. Komponen Y mewakili kecerahan piksel, sedangkan dua komponen krominansi mewakili persepsi warna piksel. Gambar 3 menunjukkan gambar dan ketiga komponennya masing-masing dalam ruang warna RGB dan YcbCr [14].

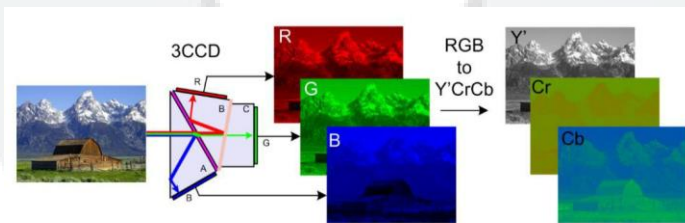


Figure 4 Contoh gambar YCbCr [14]

**2.5. Dicrete Cosine Transform (DCT)**

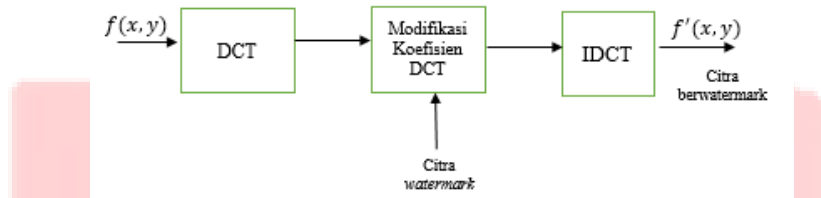
DCT adalah suatu teknik untuk mengubah sinyal kedalam komponen frekuensi dasar. Transformasi ini memiliki pendekatan yang sangat baik pada citra digital yang ditandai dengan korelasi antar pikselnya yang tinggi [15]. Transformasi ini berperan untuk mengubah sebuah kawasan spasial menjadi kawasan frekuensi dan sebaliknya dengan menggunakan *invers* DCT dan membantu menghilangkan korelasi antar piksel tetangga dengan memproyeksikan citra pada ruang frekuensi menjadi gelombang *cosinus* [16]. Kekurangan DCT adalah tidak tahan terhadap perubahan suatu objek dikarenakan pesan mudah dihapus karena lokasi penyisipan data dan pembuatan data dengan metode DCT telah diketahui.

Metode DCT merupakan transformasi yang paling umum digunakan untuk pengolahan gambar dikarenakan pemadatan daya yang besar. Ini merupakan transformasi *bi-directional* dimana mampu mengkonversi citra dari

spasial ke domain frekuensi, begitupun sebaliknya. Selama *forward transformation*, bagian yang bersangkutan dari citra terkonsentrasi ke dalam beberapa komponen frekuensi rendah [5].

- Penyisipan

Proses penyisipan dilakukan dengan mentransformasikan suatu citra  $f(x,y)$  dengan DCT, kemudian *Watermark* disisipkan pada koefisien DCT yang terpilih menggunakan kunci rahasia. Koefisien DCT yang sudah mengandung *watermark* ditempatkan pada posisi semula, lalu transformasi balikan (IDCT) dilakukan pada keseluruhan koefisien DCT untuk memperoleh  $f'(x,y)$  (citra berwatermark). Penyisipan bit

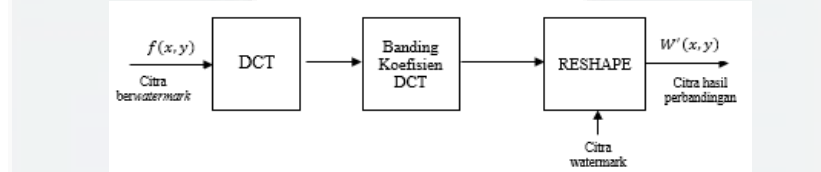


**Figure 5** Skema penyisipan watermark dengan algoritma DCT [17]

watermark dilakukan pada koefisien frekuensi menengah. Hal ini dilakukan sebagai *trade of* antara *videliti* dan *robustness*. Penyisipan dilakukan pada frekuensi sedang, karena pada frekuensi rendah dapat menyebabkan perubahan terlalu besar, sedangkan penyisipan pada frekuensi tinggi menyebabkan watermark mudah rusak [17], dengan *flowchart* seperti gambar di bawah ini.

- Ekstraksi

Sedangkan untuk proses ekstraksi dilakukan seperti *flowchart* di bawah, pada **Figure 5**, dimana dengan menggunakan transformasi DCT terdapat citra berwatermark dan membandingkan dengan koefisien citra asli untuk mendapatkan pola bit. Pola bit yang terdeteksi akan dibandingkan dengan pola bit yang disisipkan untuk mengetahui keberadaan watermark [18].

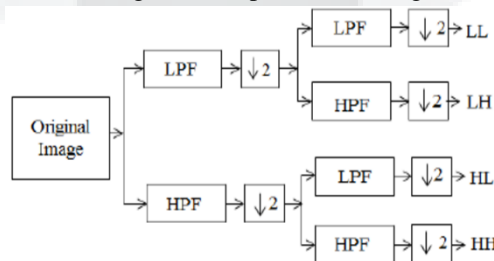


**Figure 6** Skema ekstraksi watermark dengan algoritma DCT [18]

## 2.6. Discrete Wavelet Transform (DWT)

*Discrete wavelet transform* (DWT) mulai dikembangkan pada tahun 1976 dengan teknik dekomposisi sinyal waktu diskrit [19]. Secara umum *Discrete wavelet transform* (DWT) adalah dekomposisi citra pada frekuensi *subband* citra. Komponen tersebut dihasilkan dengan cara menurunkan level dekomposisi. Penggambaran skala waktu sinyal digital pada *Discrete wavelet transform* (DWT) dengan cara melakukan teknik filterisasi *digital*. Teknik ini dilakukan dengan melewati sinyal yang akan dianalisis didalam filter pada frekuensi dan skala yang berbeda [19].

Selain melakukan fungsi wavelet, pada DWT juga dapat melakukan fungsi skala untuk dapat menghaluskan citra (*image smoothing*). Dalam melakukan implementasi pada transformasi wavelet diskrit dilakukan dengan cara melewati sinyal ke dalam 2 bagian filterisasi DWT diantaranya *highpass filter* (HPF) dan *lowpass filter* (LPF), dimana fungsi dari HPF yaitu digunakan untuk melakukan analisis frekuensi tinggi sedangkan LPF digunakan untuk melakukan analisis frekuensi rendah[19]. Pembagian sinyal menjadi 2 bagian seperti LPF dan HPF disebut dengan dekomposisi. Berikut gambaran mengenai proses dekomposisi:



**Figure 7** Proses dekomposisi [19]

Hasil dari proses pada gambar 2.8 tersebut akan menghasilkan 4 subband dan didalamnya terdapat informasi mengenai frekuensi tinggi dan frekuensi rendah.

**2.7. Sprade Spectrum (SS)**

Sprade Spectrum adalah sebuah teknik penyisipan watermark dengan menyebarkan bit-bit watermark pada banyak komponen frekuensi. Bit-bit diletakan secara menyebar dan berukuran kecil sehingga keberadaan watermark lebih tidak terdeteksi. Persebaran bit-bit dapat memungkinkan watermarking tidak tampak karena kehadiran sinyal watermark relatif kecil.

Proses penyisipan watermark dengan spread spectrum secara umum adalah sebagai berikut [20] [21] [22] :

1. Pilih komponen frekuensi pada citra host yang akan disisipkan dengan watermark.
2. watermark disebar pada komponen frekuensi Spread yang telah dipilih.
3. Penyisipan dilakukan menggunakan persamaan (2.2).

LL	HL
LH	HH

**Figure 8** Subband pada proses dekomposisi [19]

$$C'_j = C_j + \alpha w_j \tag{2.2}$$

dimana :

$C'_j$  = koefisien frekuensi ke-i dari citra host asli

$C_j$  = koefisien frekuensi ke-i dari citra host yang ber-watermark

$\alpha$  = factor skala atau watermark strength

$w_j$  = bit watermark biner ke-i yang telah diubah nilainya

**2.8. Compressive Sensing**

*Compressive sensing* atau pencuplikan kompresif adalah metode kompresi dengan melakukan pengambilan beberapa *sample* pada transformasi proyeksi yang digunakan. Terdapat dua transformasi penting di dalam *compressive sensing*, diantaranya [23]:

- **Projection Transform (Transformasi Proyeksi  $\phi$ )**

*Projection Transform* adalah suatu sistem transformasi dimana sinyal dikompres atau dicuplik dan transformasi seperti ini biasanya dipakai untuk pengukuran dan pengamatan [23].

- **Sparsity Transform (Transformasi Penjarang  $\psi$ )**

*Sparsity Transform* adalah suatu sistem transformasi yang membuat sinyal menjadi *sparse* (jarang) dan biasanya dipakai untuk mencari komponen *sparse* (jarang) dari sinyal [23].

CS dapat merekonstruksi sinyal dengan menggunakan sejumlah pengukuran acak yang disebut *sensing matrix* dan sinyalnya harus berjarang. Citra *sparse* mengandung beberapa koefisien sebagai non-zero dan koefisien lainnya adalah zero.

Persamaan umum *Compressive Sensing* adalah [24]:

$$y = \phi f = \phi \psi x = \phi x \tag{2.3}$$

dimana  $y$  mewakili vektor sampel  $M \times 1$  dan  $\phi$  adalah matriks pengukuran  $M \times N$  yang tidak koheren dengan  $\psi$ , dengan kata lain magnituda maksimum pada elemen  $\phi\psi$  kecil.  $\phi \in R^{M \times N}$  merepresentasikan *underdetermined* matrix dengan  $M \ll N$ .

Citra yang telah melalui proses CS dapat direkonstruksi dengan menggunakan metode OMP (*Orthogonal Matching Pursuit*). Rekonstruksi menggunakan algoritma OMP adalah sebagai berikut [24]:

$$\hat{x} = argmin_x ||x||_1 St. y - \phi x = 0 \tag{2.4}$$

Ketika  $\phi$  adalah matriks random Gaussian, maka perhitungannya [24] :

$$M = O(k) \log\left(\frac{N}{k}\right) \tag{2.5}$$

dimana M merepresentasikan baris dari sensing matriks.

### 3. Perancangan dan Implementasi Sistem

#### 3.1 Deskripsi Sistem

Penelitian ini akan melakukan kompresi citra menggunakan *compressive sampling* (CS). Citra yang dikompresi adalah citra *watermark*. Selanjutnya *frame* dari *video* akan dilakukan penyisipan watermark yang sudah terkompresi tersebut pada proses *embedding* dan diharapkan kualitas *video watermark* dapat terjaga dengan baik. Hasil dari proses *embedding* adalah *video* yang tersisipi *watermark* terkompresi. Sebelum proses ekstraksi host yang sudah terwatermark akan diuji dahulu oleh berbagai serangan, untuk menguji ketahanannya. Selanjutnya proses *extraction* dan proses *reconstruction* yang berguna untuk mengembalikan watermark terkompresi hasil proses *extraction* menjadi citra *watermark*. Secara keseluruhan, blok diagram tahapan dari dari proses perancangan sistem dapat direpresentasikan sebagai berikut:

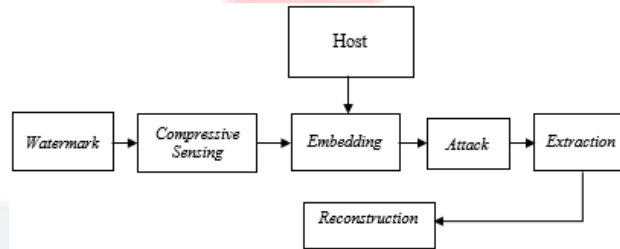


Figure 9 Model Perancangan Sistem

#### 3.2 Kompresi Watermark dengan CS

Proses kompresi *watermark* pada penelitian ini menggunakan CS berbasis *discrete cosine transform* (DCT) dan *discrete wavelet transform* (DWT). *Watermark* sebagai input awal proses dilakukan transformasi DCT untuk mendapatkan nilai koefisien frekuensi dan selanjutnya dilakukan transformasi DWT untuk memisahkan frekuensi menjadi frekuensi rendah dan tinggi. Hasil transformasi ini adalah sinyal *sparse* yang akan menjadi sinyal yang dikompresi. Proses kompresi terjadi pada proses *Compressive Sensing* (CS) dimana nilai sampling dari sinyal *sparse* direduksi menjadi ukuran matrik yang lebih kecil sesuai dengan ukuran matriks A atau matriks sampling. Matriks A merupakan matriks ukuran, jumlah resolusi baris pada matriks tersebut dikompresi sesuai dengan besar *measurement rate* atau rasio kompresi yang telah ditentukan. Proses kompresi dijelaskan lebih lanjut pada **Figure 10**

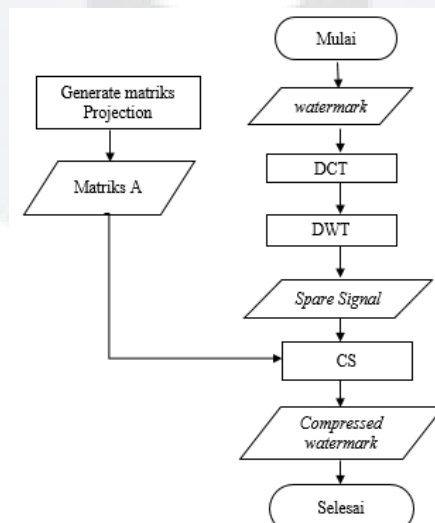


Figure 10 Diagram alir proses Kompresi Watermark Dengan CS

### 3.3 Proses Embedding

Proses embedding adalah proses penyisipan watermark ke dalam citra host. Proses penyisipan akan melewati beberapa tahapan sesuai dengan metode dan teknik yang akan digunakan. Pada penelitian ini, input citra host dan watermark di proses menggunakan metode DWT dan DCT. Watermark yang digunakan berupa citra biner sedangkan host berupa citra RGB. Proses penyisipan akan dijelaskan pada diagram alir pada Figure 11 :

Langkah-langkah dalam proses penyisipan dijelaskan sebagai berikut :

1. Membaca file citra asli terdiri dari frame-frame dan dijadikan host. Host yang digunakan pada penelitian ini berupa citra RGB menggunakan format \*.AVI.
2. Membaca file citra yang akan dijadikan watermark, citra watermark yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra black and white dengan format \*.PNG.
3. Dilakukan pemilihan frame sebagai objek penyisipan, dimana pada penelitian ini menggunakan frame ke-1 sebagai objek penyisipan.
4. Frame terpilih dibagi menjadi 5 layer : red, green, blue, Y YCbCr, H HSV. Pada penelitian ini layer Blue digunakan sebagai objek penyisipan.
5. Dilakukan operasi DWT frame terpilih didekomposisi ke dalam empat sub-band yaitu LL, LH, HL, dan HH yang akan dilakukan pada masing-masing layer.
6. Pengambilan sub-band sebagai tempat menyembunyikan informasi, pada penelitian ini sub-band yang di ambil adalah LL. Karena pada sub-band LL menghasilkan nilai PSNR dan BER yang ideal dan juga gambar yang dihasilkan mirip dengan citra aslinya.
7. Dilakukan operasi DCT untuk merubah frame dari domain spasial ke domain frekuensi.
8. Dilakukan proses embedding dengan menggunakan metode SS, dimana SS memiliki teknik penyisipan watermark dengan menyebarkan bit-bit watermark pada banyak komponen frekuensi. Bit-bit diletakan secara menyebar dan berukuran kecil sehingga keberadaan watermark lebih tidak terdeteksi. Persebaran bit-bit dapat memungkinkan watermarking tidak tampak karena kehadiran sinyal watermark relatif kecil.
9. IDCT untuk memperoleh  $f(x,y)$
10. IDWT proses penggabungan sub-band yang telah di dekomposisi.
11. Penyatuan kembali layer yang tersisipi watermark pada frame terpilih dengan layer lainnya, sehingga menghasilkan frame terwatermark.
12. Penyatuan kembali frame terwatermark dengan frame lainnya, sehingga menghasilkan host terwatermark.
13. Selesai

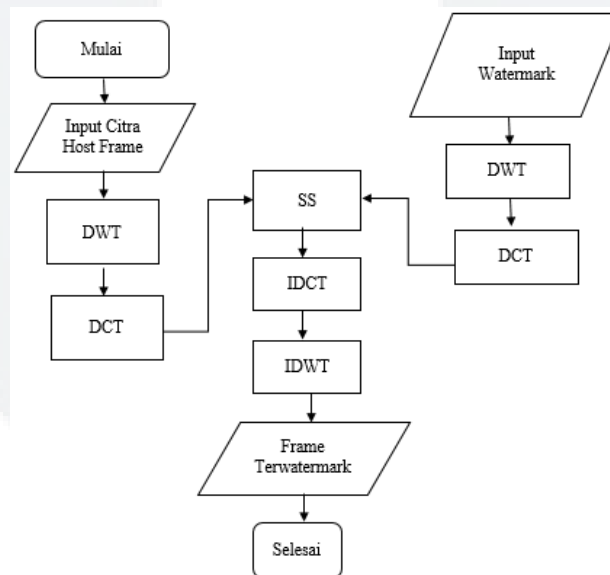


Figure 11 Diagram alir proses Embedding

### 3.4 Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi watermark pada sistem watermarking dalam penelitian ini terdiri dari beberapa proses yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Membaca file host terwatermark yang terdiri dari frame-frame baik atau tidak diberi serangan.
2. Pemilihan frame terpilih (terwatermark).

3. Frame terwatermark dibagi menjadi 5 layer, kemudian dilakukan pemilihan terhadap layer terwatermark.
4. Layer pada frame terwatermark ditransformasi dengan operasi DWT kemudian didekomposisi ke dalam empat sub-band yaitu LL, LH, HL, dan HH.
5. Pengambilan sub-band LL tempat watermark disisipkan kemudian dirubah kedalam bentuk domain frekuensi dengan operasi DCT sehingga dapat dilakukan perhitungan kedalam bentuk matriks.
6. Mengekstraksi SS atau de-spread yaitu merupakan kebalikan dari proses SS pada embedding sehingga nilai matriks pada sub band terwatermark dikurangi dengan nilai matriks citra pada sub band sebelum terwatermark sehingga menghasilkan watermark terkompresi
7. Jika proses de-spread telah selesai, maka dilakukan proses IDCT untuk mengembalikan watermark dari domain frekuensi ke domain spasial.
8. Dilakukan operasi IDWT
9. Didapatkan watermark terekstraksi yang dimana kondisi watermark masih terkompres.

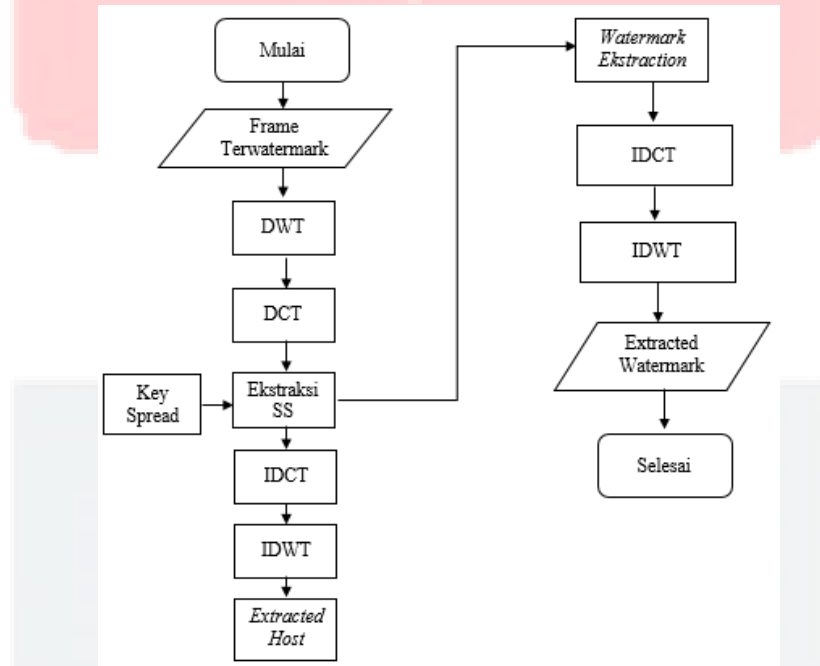


Figure 12 Diagram alir proses Ekstraksi



### 3.5 Proses Rekonstruksi

Proses terakhir untuk mendapatkan *watermark* kembali adalah proses rekonstruksi. Proses ini bertujuan untuk melakukan rekonstruksi sinyal dari sinyal hasil pengukuran CS atau *measurement sampling*. Pada penelitian ini sinyal *sparse* adalah hasil transformasi DCT-DWT dari *watermark* dan *measurement sampling* adalah *compressed watermark*. Penelitian ini menggunakan metode *orthogonal matching pursuit* (OMP) untuk metode rekonstruksi sinyal. Proses lebih lanjut dijelaskan pada Figure 13

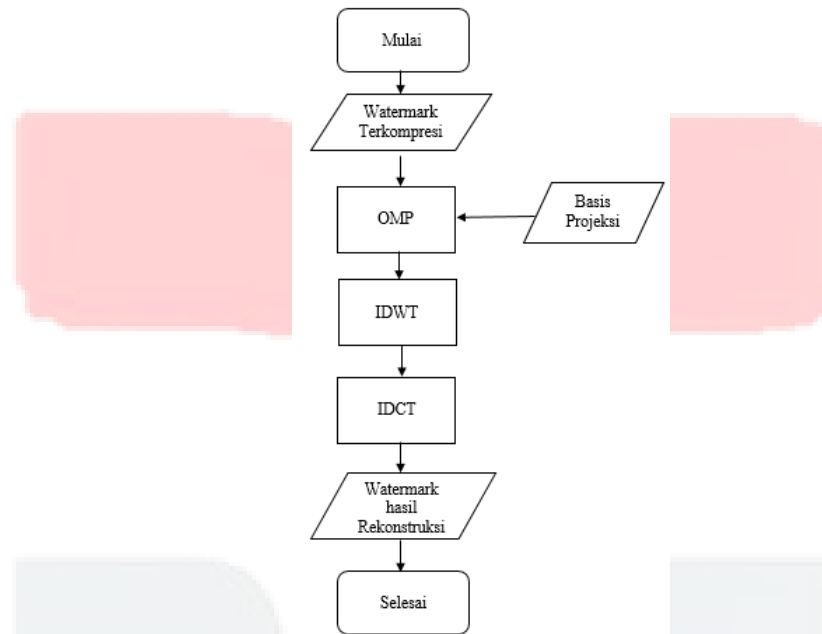


Figure 13 Diagram alir proses Rekonstruksi

**4. Pengujian dan Analisis**

**4.1. Pendahuluan**

Berdasarkan sistem yang dirancang, telah dilakukan beberapa skenario pengujian untuk memperoleh analisis terkait dengan performansi sistem yang akan diujikan. Beberapa hasil dari nilai performansi dapat dilihat dengan melakukan penilaian pada saat proses transformasi yang akan direkonstruksi pada OMP dengan teknik penyisipan DCT, DWT, dan SS dengan citra watermark yang terkompresi *compressive sampling*. Pengujian sistem dapat dikatakan baik atau tidak berdasarkan penilaian parameter PSNR, MSE, dan BER.

**4.2. Lingkup Pengujian Sistem**

Pada proses pengambilan data dengan spesifikasi yang telah ditentukan, yakni data gambar berupa citra hitam putih dan pesan berupa data video yang memiliki tipe berupa .avi.

**4.2.1. Image Host**

Pada *Image Host* dalam evaluasi pengujian dalam evaluasi skenario pengujian sistem menggunakan tiga buah *Image watermark* yang ditunjukkan pada **Figure 14**, dimana masing masing *Image watermark* memiliki ukuran 72x72, 152x152, 220x220.



**Figure 14** Citra Watermark

**4.2.2. Data Video**

Pada penelitian tugas akhir data yang digunakan berupa video yang berformat .avi yang berdurasi 15 detik dengan ukuran resolusi 720x480 dengan jumlah frame adalah 90 frame per *second*.



**Figure 15** Citra Host

**4.3. Skenario Pengujian**

Pada proses skenario pengujian sistem, telah dilakukan beberapa skenario evaluasi pengujian, diantaranya sebagai berikut:

1. Skenario pengujian terhadap jenis *layer*
2. Skenario pengujian terhadap jenis *sub band*
3. Skenario pengujian terhadap *mother wavelet*
4. Skenario pengujian terhadap resolusi *image* pada penyisipan
5. Skenario pengujian terhadap *measurement rate* penyisipan gambar
6. Skenario pengujian terhadap serangan.

**4.3.1. Skenario Pengujian Terhadap Jenis Layer**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis layer terbaik yang akan digunakan pada penyisipan yang dimana terdapat 5 buah layer yang akan diuji yaitu *red layer*, *green layer*, *blue layer*, *YCbCr layer*, dan *Hsv layer*. Ketiga buah *watermark* akan diuji dengan menggunakan dua buah *video host* sebagai pesan yang ingin disisipkan dan ketiga citra watermark yang akan diuji masih menggunakan *measurement* 100%

**Tabel 1** Pengujian pengaruh layer terhadap performansi sistem

Jenis Layer	PSNR (dB)	BER	MSE
Red	84,727	0,118	33,759
Green	84,701	0,116	34,081
Blue	84,739	0,116	33,995

Y YCbCr	70,574	0,115	137,723
V HSV	74,788	0,112	95,925

Pada **Tabel 1** menunjukan hasil rata-rata pengujian layer dengan menggunakan parameter PSNR, MSE, dan BER terhadap pengujian jenis *layer* pada data video. Secara keseluruhan nilai PSNR dan BER pada setiap layer mendapatkan hasil diatas 30 dB dan dibawah 0,3 yang berarti sistem layak untuk proses watermarking. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada pengujian *blue layer* memiliki nilai PSNR terbaik sebesar 84,739 dan nilai BER terbaik berada pada *V HSV layer* sebesar 0,112. Pada penelitian kali ini jenis *layer* yang digunakan adalah *blue layer*, karena hasil BER yang diperoleh dari *blue layer* dan *V HSV layer* tidak memiliki perbedaan yang cukup jauh, tetapi nilai PSNR dari *blue layer* jauh lebih baik dibandingkan dengan *V HSV layer* sehingga *blue layer* dianggap lebih ideal untuk pengujian selanjutnya.

**4.3.2. Skenario Pengujian Terhadap Jenis Sub Band**

Pengujian terhadap *sub band* bertujuan untuk mengetahui *sub band* terbaik yang akan dihasilkan pada *video host*. Pada skenario ini menggunakan *blue layer*, karena berdasarkan hasil analisis pada skenario sebelumnya menghasilkan *blue layer* sebagai layer yang terbaik. *Sub band* yang akan diuji terdiri dari empat jenis yaitu *sub band low low* (LL), *sub band low high* (LH), *sub band high low* (HL), dan *sub band high high* (HH).

**Tabel 2** Hasil rata-rata terhadap pengujian Sub band

Rata-rata	LL	LH	HL	HH
PSNR	84,662	84,769	84,848	84,786
BER	0,111	0,119	0,118	0,116
MSE	34,758	33,926	33,536	33,758

Pada **Tabel 2** menunjukkan bahwa telah dilakukan pengujian dengan menggunakan parameter MSE, PSNR, BER pada *host video*. Pada pengujian ini *subband* HL memiliki nilai PSNR yang paling baik dengan nilai 84,848 dB. Nilai PSNR yang dihasilkan *subband* HL tidak jauh berbeda dengan *subband* LL yang memiliki nilai 84,662 dB , karena kedua *subband* memiliki perbedaan yang tidak terlalu jauh maka analisis juga dapat dilihat dari parameter BER. Hasil yang diperoleh tabel pengujian 4.2 bahwa nilai BER terbaik berada pada *subband* LL dengan nilai sebesar 0.111 lebih rendah 0.007 dari pada *subband* HL bernilai sebesar 0,118, maka *subband* LL yang dipilih sebagai tempat menyisipkan *watermark* karena mampu menghasilkan nilai BER yang lebih baik dari semua jenis *subband* dimana hal ini sangat berguna untuk mengurangi kerusakan pada *watermark* asli pada saat proses penyisipan *watermark*.

**4.3.3. Skenario Pengujian Terhadap Jenis Mother Wavelet**

Pada pengujian ini dilakukan pengujian terhadap *Mother Wavelet* pada jenis *layer blue* dan jenis *subband* LL pada dua *video host* digunakan dalam proses penyisipan.

**Tabel 3** Hasil rata-rata terhadap pengujian Mother Wavelet

Mother Wavelet	PSNR	MSE	BER
db 1	84,554	34,758	0,111
db 3	84,260	35,393	0,331
db 5	83,865	36,564	0,343

Pada **Tabel 3** menunjukkan hasil pengujian terhadap *Mother Wavelet* pada dua buah *host* yang digunakan dalam proses penyisipan. Pada pengujian ini semakin besar *mother wavelet* maka kualitas pada sistem semakin buruk. Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.3 Nilai PSNR terbaik berada pada *mother wavelet* db 1 dengan nilai PSNR sebesar 84,554 dB dan nilai BER sebesar 0,111. Maka untuk pengujian selanjutnya akan menggunakan *layer blue*, *sub band* LL, dan *mother wavelet* db 1.

#### 4.3.4. Skenario Pengujian Terhadap Resolusi Image

Pengujian terhadap ukuran *image watermark* bertujuan untuk mengetahui resolusi terbaik yang digunakan dalam pemilihan gambar yang dikompresi dan dijadikan sebagai *watermark*, kemudian melihat pengaruh terhadap data video yang dipilih sebagai media penyisipan gambar. Pengujian ini akan menggunakan 3 buah watermark dengan resolusi 72×72, 152×152, dan 220×220 dengan satuan pixel yang terdiri dari dua *layer* warna yaitu *layer* hitam sebagai bit 0 dan *layer* putih sebagai bit 1.

**Tabel 4** Hasil rata-rata terhadap pengujian Resolusi Image Watermark

Watermark	PSNR	MSE	BER
72.png	107,898	1,340	0,137
152.png	79,025	24,099	0,122
220.png	67,333	77,420	0,080

Berdasarkan hasil pada **Tabel 4** semakin besar resolusi watermark maka nilai PSNR semakin menurun dan nilai MSE semakin besar atau bisa dibilang keduanya memburuk, itu dikarenakan nilai kualitas *watermark* terganggu pada proses penyisipan yang disebabkan oleh jumlah pixel yang banyak pada proses penyisipan memperbesar kemungkinan terjadinya perubahan pada nilai *pixel* pada host dan menyebabkan kesalahan pada proses ekstraksi atau pemulihan citra watermark. Akan tetapi nilai BER semakin membaik, hal itu disebabkan karena banyak *pixel* dari watermark maka semakin besar juga cakupan yang disisipkan tiap satu bit dari *watermark* yang menghasilkan semakin besar resolusi maka nilai BER yang dihasilkan semakin kecil. Nilai BER didapat berdasarkan tempat penyisipan *watermark* pada *video host* yang digunakan yaitu berada pada *layer blue*, dengan nilai BER terbaik pada resolusi 220 × 220 sebesar 0.080.

#### 4.3.5. Skenario Pengujian Terhadap Measurement Rate

Analisis *measurement rate* digunakan sebagai proses CS yang bertujuan mencari pengaruh *measurement rate* terhadap performansi sistem dan dimensi yang digunakan sebagai hasil dari proses kompresi. *Measurement rate* yang digunakan pada penelitian ini 10% sampai 100%.

**Tabel 5** Hasil Rata-rata Pengujian Measurement Rate Terhadap Performansi

Measurement rate	PSNR	MSE	BER
10%	106,936	3,536	0,298
20%	100,686	6,910	0,303
30%	96,254	10,530	0,299
40%	93,250	14,147	0,283
50%	91,669	17,156	0,263
60%	89,636	20,758	0,239
70%	88,266	24,108	0,201
80%	86,922	27,391	0,163
90%	85,681	31,188	0,136
100%	84,554	34,758	0,111

Pada **Tabel 5** menunjukkan hasil rata-rata dan pengaruh terhadap data video dengan variasi *measurement rate* yang digunakan 10-100%. Berdasarkan pengujian pada tabel 4.5 dapat disimpulkan bahwa semakin besar *Measurment Rate* maka nilai BER semakin baik, itu dikarenakan nilai *Measurement Rate*

berbanding terbalik dengan rasio kompresi, sehingga rasio kompresi pada citra yang diujikan semakin kecil. Pengujian selanjutnya akan menggunakan Measurement Rate 80%.

**4.3.6. Skenario Pengujian Terhadap Serangan**

Pada sub bab ini akan dilakukan analisis ketahanan sistem terhadap serangan-serangan yang diajukan. Skenario penyerangan dilakukan dengan 3 serangan yang berbeda yaitu *noise salt & paper*, *noise gaussian blur*, *rescaling*. Terdapat 2 data video host yang akan diujikan dan 3 *watermark* dengan resolusi 72×72, 152×152, dan 220×220. Pengujian menggunakan jenis *layer blue*, *Sub band LL*, *Mother Wavelet db1*, dan *measurement rate 80%*. Tujuan dari sub bab ini untuk mengetahui apakah sistem tahan terhadap serangan-serangan yang akan diujikan.

1. Salt and Pepper

*Salt and Pepper* merupakan *noise* pada citra berupa titik-titik pada cita *black and white*, warna hitam atau putih pada citra *grayscale*, dan berupa warna hijau, merah, atau biru pada citra RGB.

**Tabel 6** Pengujian terhadap gangguan Salt and Pepper

cover	watermark	PSNR	MSE	BER
host 1	72.png	110,280	1,056	0,321
host 1	152.png	80,859	20,018	0,288
host 1	220.png	69,740	60,857	0,249
host 2	72.png	110,297	1,054	0,301
host 2	152.png	80,786	20,166	0,294
host 2	220.png	69,563	61,946	0,251

Berdasarkan hasil pengujian dari **Tabel 6** watermark dengan resolusi 72×72 mendapatkan hasil dengan nilai BER yang buruk, sedangkan nilai BER paling baik pada saat pengujian ini adalah watermark dengan resolusi 220×220.

2. Noise Gaussian Blur

*Noise Gaussian Blur* merupakan penambahan *white noise* pada sinyal asli yang terdistribusi secara *Gaussian Blur*.

**Tabel 7** Pengujian terhadap gangguan Noise Gaussian Blur

cover	watermark	PSNR	MSE	BER
host 1	72.png	110,085	1,077	0,236
host 1	152.png	80,605	20,532	0,272
host 1	220.png	69,740	60,857	0,252
host 2	72.png	110,107	1,074	0,268
host 2	152.png	80,786	20,166	0,272
host 2	220.png	69,563	61,946	0,253

Berdasarkan **Tabel 7** bahwa nilai BER yang didapat seluruhnya berada dibawah 0.3, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem dengan blue layer, subband LL, dan Mother Wavelet db1 tahan terhadap serangan ini.

3. Rescalling

*Rescalling* merupakan gangguan yang mengubah ukuran resolusi citra yang asli ke ukuran yang lebih besar atau lebih kecil dari citra aslinya.

**Tabel 8** Pengujian terhadap gangguan Rescalling

cover	watermark	PSNR	MSE	BER
host 1	72.png	110,085	1,077	0,339
host 1	152.png	80,605	20,532	0,325
host 1	220.png	69,740	60,857	0,282
host 2	72.png	110,297	1,054	0,344
host 2	152.png	80,786	20,166	0,331
host 2	220.png	69,563	61,946	0,282

Berdasarkan **Tabel 8** bahwa serangan jenis Rescaling terhadap sistem cukup mengganggu, hal tersebut dapat dilihat dari nilai BER pada resolusi watermark  $72 \times 72$  dan  $152 \times 152$  yang berada diatas 0,3. Nilai BER yang baik berada pada resolusi watermark  $220 \times 220$  dengan nilai 0,282.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Simpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisis terhadap sistem yang telah dibuat maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses video *watermarking* menggunakan metode penyisipan DWT-DCT-SS dengan penerapan *Compressive Sensing* dapat direalisasikan dan dapat diimplementasikan dengan cukup baik dan menghasilkan nilai rata-rata BER sebesar 0,23, PSNR 92,385 dB, dan MSE 19,048.
2. Semakin besar resolusi citra yang digunakan maka nilai PSNR semakin menurun dan nilai MSE semakin membesar atau nilai keduanya memburuk, akan tetapi nilai BER semakin kecil yang berarti kualitas pesan yang disisipkan semakin baik. Dapat dilihat dari hasil pengujian resolusi citra watermark dengan rata-rata BER dimana resolusi  $220 \times 220$  lebih baik dari pada  $72 \times 72$  dan  $152 \times 152$ .
3. Semakin besar parameter *measurement rate* maka kualitas citra semakin baik, hal ini dikarenakan nilai parameter *measurement rate* berbanding terbalik dengan rasio kompresi pada citra. Pemilihan *measurement rate* 80% dipilih untuk pengujian selanjutnya, dikarenakan nilai BER pada *measurement rate* 80% dianggap ideal sebesar 0,163.
4. Ketahanan sistem terhadap serangan *Noise Gaussian Blur* dinilai baik dimana hasil dari ketiga watermark yang diujikan seluruhnya mendapatkan nilai BER  $>0,3$ . Serangan *Salt and Pepper* sistem masih dirasa cukup baik meskipun satu dari tiga watermark yang diujikan mendapatkan BER diatas 0,3 yaitu citra watermark  $72 \times 72$ . Ketahanan sistem cukup terganggu dari serangan *Rescaling*, karena dari ketiga watermark yang diuji, hanya satu watermark yang memiliki BER  $>0,3$  watermark tersebut memiliki resolusi sebesar  $220 \times 220$  pixel. Analisis dari pengujian serangan dapat memperkuat bukti bahwa semakin besar resolusi citra watermark yang dipakai maka watermark tersebut juga lebih tahan terhadap serangan.

### 5.2 Saran

Terdapat beberapa kekurangan yang dilakukan oleh peneliti saat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini. Maka dari itu beberapa saran yang dapat dituliskan sebagai berikut :

1. Dalam penggunaan algoritma rekonstruksi untuk *Compressive Sensing* belum cukup memuaskan sehingga perlu adanya algoritma rekonstruksi lain agar mendapatkan nilai yang variatif, contohnya dengan menggunakan L1, dsb.
2. Penelitian ini masih menggunakan objek watermark dan host dengan resolusi yang kecil oleh sebab itu lakukanlah penelitian sejenis dengan resolusi yang lebih besar.
3. Lakukan penelitian dengan watermark berupa citra RGB atau pesan berupa video

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyana, T. Basarudin, D. Jaya. Teknik *Watermarking* Citra berbasis SVD. *National Conference on Computer Science & Information Technology*, Januari 2007.
- [2] K.A. Navas, M.C. Ajay, M. Lekshmi, T.S. Archana, and M. Sasikumar, "DWT-DCT-SVD Based Watermarking," *2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE '08)*, Jan. 2008, pp. 271-274.

- [3] A. Al-Haj, "Combined DWT-DCT Digital Image Watermarking," *Journal of Computer Science*, vol. 3, 2007, pp. 740-746.
- [4] R. L. Pickholtz, D. L. Schilling, and L. B. Milstein, "Theory of Spread-Spectrum Communications—A Tutorial," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 30, no. 5, pp. 855–884, 1982.
- [5] Pangestu Arining, Analisis Image Watermarking Menggunakan Compressive Sensing Algoritma Orthogonal Matching Pursuit Dengan Pendekatan Berbasis Discrete Cosine Transform Menggunakan Singular Value Decomposition, Bandung, Telkom University, 2017
- [6] Y. Yunawan, I. Safitri, L. Novamizanti," Compressive sensing for image watermarking discrete wavelet transform and spread spectrum", IEEE International Conference on Control, Electronics, Renewable, Energy, and Communication (ICEEREC), December 2018.
- [7] F. Kurniawan, Analisis Pengaruh Compressive Sensing Pada Image Watermarking dengan metode Discrete Wavelet Transform (DWT) dan Discrete Cosine Transform, Bandung, Telkom University, 2017.
- [8] Pradipta Bagoes Santoso, Analisis Dan Implementasi Citra Watermarking Dengan Metode Discrete Wavelet Transform (Dwt) –Lifting Wavelet Transform (Lwt) Dan Singular Value Decomposition (Svd), 2017
- [9] Neetha K. K., Aneesh M. Koya, "A Compressive Sensing Approach to DCT," *2015 International Conference on Control, Communication & Computing India (ICCC)*, pp. 495-500, November 2015.
- [10] F. Sinambela, R. Pramono, K. Adirama. "Teknologi Watermarking yang Kuat pada Video MPEG". Institut Teknologi Bandung, Bandung. 2006
- [11] Rosita Maharani Pradana, Analysis of Image Compression Algorithm Using Arithmetic Coding and Graph Based Quantization Based on DCT-SVD, 2015.
- [12] A. Sirandan, Simulasi dan Analisa keamanan teks menggunakan Metode Steganografi Discrete Transform, Bandung: Universitas Telkom, 2014
- [13] T. P. Tampubolon, Simulasi dan Analisis Keamanan Teks Menggunakan Metode Steganografi DWT dan Metode Enkripsi Cellular Automata, Bandung, Telkom University, 2016.
- [14] C. Junhua, L. Jing, "Research on Color Image Classification Based on HSV Color Space", *International Conference on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control*, December 2012.
- [15] Yahya, K., & Melita, Y. (2011). Aplikasi Kompresi Citra Digital Menggunakan Teknik Kompresi Jpeg dengan Fungsi GUI pada Matlab. *Jurnal Teknika* , Volume 3 No 2.
- [16] Kavitha KJ (2015) Video Watermarking Using DCT and DWT: A Comparison ;Department of Computer Science and Engineering, Sathyabama University, Chennai, India Department of Computer Science and Engineering, Royal College of Engineering, Trissur, Kerala, India
- [17] Haryono(2014) Perbandingan Algoritma *Singular Value Decomposition(SVD)* dan *Discrete Cosine Transform(DCT)* dalam Penyisipan Watermark pada citra Digital;STMIK GI MDP, Jalan Rajawali No.14 Palembang, 0711-376400 jurusan Teknik Informatika, STMIK MDP, Palembang.
- [18] P.Darma, Pengolahan Citra Digital, yogyakarta,2010.
- [19] Sripathi, Deepika," Efficient Implementations of Discrete Wavelet Transform Using FPGAs",Thesis, Florida : Florida State University, 2003.
- [20] I.J. Cox, J. Kilian, F.T. Leighton, and T. Shamoan."Secure Spread Spectrum Watermarking for Multimedia,"*IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, no. 12, December 1997.
- [21] B. Kumar, A. Anand, S.P. Singh, and A. Mohan,"High Capacity Spread-Spectrum Watermarking for Telemedicine Applications," *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, vol. 5, no. 7, 2011.
- [22] S. P. Maity and M. K. Kundu,"Performance Improvement In Spread Spectrum Image Watermarking Using Wavelets,"*International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, vol. 9, no. 1 ,2011.
- [23] Saad Qaisar, Rana Muhammad Bilal, Wafa Iqbal, Muqaddas Naureen and Sungyoung Lee, "Compressive Sensing: From Theory to Applications, A Survey," *Journal of Communications and Networks*, 2013
- [24] Ali A. H. Karah Bash and Sema K. Kayhan, "Watermarked Compressive Sensing Measurements Reconstructed by the Greedy Algorithms," *International Journal of Computer Theory and Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 219-222, June 2015.