

# COMPRESSIVE SAMPLING BERBASIS DCT-DWT UNTUK KOMPRESI WATERMARK PADA WATERMARKING AUDIO MENGGUNAKAN DCT-SVD

## COMPRESSIVE SAMPLING BASE ON DCT-DWT FOR WATERMARK COMPRESSION ON AUDIO WATERMARKING USING DCT-SVD

Muh. Gazali Saleh<sup>1</sup>, Efri Suhartono<sup>2</sup>, Nur Ibrahim<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>gazalisaleh@telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>esuhartono@telkomuniversity.co.id,

<sup>3</sup>nuribrahim@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

*Watermarking* adalah cara menyembunyikan atau menanamkan data atau informasi ke dalam suatu data digital lainnya, tanpa diketahui keberadaannya oleh indera manusia (penglihatan maupun pendengaran) untuk melindungi hak cipta dan keaslian data. Teknik *audio watermarking* memiliki dua tahap yaitu *embedding* dan *extracting*. Sinyal audio yang telah diekstrak harus tahan terhadap serangan seperti *filtering*, *modification*, *noise*, *compression*, dan *speed change*.

Pada penelitian ini, telah digunakan skema dengan metode utama yang mengkombinasikan metode transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) pada *Compressive sensing*, kemudian *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) pada *audio watermarking* untuk mendapatkan suatu *robustness* yang baik berdasarkan parameter penilaian seperti SNR dan BER. Tujuan *compressive sensing* (CS) adalah sebuah metode *sampling* baru dimana sinyal akusisi dan kompresi dilakukan pada saat yang sama dan dalam prosesnya diambil sample dengan jumlah sedikit dan acak berdasarkan pada transformasi yang digunakan. Teknik kompresi dan metode transformasi akan membuat penyimpanan data menjadi lebih efisien dan kualitas dari *audio host* bisa tahan terhadap berbagai serangan yang diberikan.

Hasil dari tugas akhir ini adalah sebuah sistem *audio watermarking* yang memiliki tingkat *robustness* dan *imperceptibility* dengan nilai rata-rata setelah serangan pada parameter BER 0,20 serta rata-rata SNR 25,03 dB.

Kata kunci: *Audio Watermarking*, *Discrete Cosine Transform*, *Singular Value Decomposition*, *Discrete Wavelet Transform*, *Compressive Sensing*.

### Abstract

*Watermarking* is a way to hide or embed data or information into a digital data, without being known to exist by the human senses (vision or hearing) to protect the copyright and authenticity of the data. The *audio watermarking* technique has two stages: *embedding* and *extracting*. The extracted audio signal must be resistant to attacks such as *filtering*, *modification*, *noise*, *compression*, and *speed change*.

In this research, it will be used schema with a main method combining the *Discrete Cosine Transform* (DCT) and *Discrete Wavelet Transform* (DWT) Transformation methods on *Compressive sensing*, then *Discrete Cosine Transform* (DCT) and *Singular Value Decomposition* (SVD) on *audio watermarking* to obtain a good *robustness* based on valuation parameters such as SNR and BER. The purpose of *compressive sensing* (CS) is a new *sampling* method in which the acquisition and compression signals are performed at the same time and in the process are sampled with minimal and random quantities based on the transformation used. Compression techniques and transformation methods will make data storage more efficient and the quality of the host audio can withstand the various attacks given.

The result outcome of this final task is an *audio watermarking* system that has a level of *robustness* and *imperceptibility* with an average value after the attack on the BER parameter 0.20 as well as the average SNR 25.03 dB.

Keywords: *Audio Watermarking*, *Discrete Cosine Transform*, *Singular Value Decomposition*, *Discrete Wavelet Transform*, *Compressive Sensing*.

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital dan perangkat digital menyebabkan data digital banyak digunakan saat ini. Kemudahan dalam proses duplikasi, distribusi, dan penyimpanan menjadikan data digital seperti audio, teks, video, dan gambar sering digunakan dalam pertukaran informasi. Namun, faktor-faktor tersebut dapat memicu masalah dalam hal hak cipta dan kepemilikan data, karena terdapat keluasaan pada proses itu sendiri, seperti memodifikasi data secara ilegal, duplikat tanpa adanya lisensi, dan segala kegiatan yang melanggar aturan hukum yang berlaku. Sehingga keamanan data menjadi sebuah hal yang krusial [1]. Maka dari kejadian seperti itu dibutuhkan sebuah solusi yang dapat mencegah dan melindungi kepemilikan suatu data. Berkembangnya

proses pengolahan sinyal digital dapat menjadikan sebuah solusi dengan menggunakan teknik audio *watermarking* [1]. *Watermarking* adalah salah satu teknik penyembunyian data yang fungsinya untuk melindungi data yang disisipi dengan informasi lain dengan tujuan untuk melindungi hak milik dan *copyright* [2].

Teknik *watermarking* menggunakan citra digital sebagai media yang disisipi (*host file*), dan beberapa pilihan metode dalam pengaplikasian teknik penyisipan ini. Dalam penelitian ini menggunakan metode transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT), *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD). Pada penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa metode DCT-SVD memiliki *Imperceptibility* yang baik dan kuat terhadap berbagai jenis serangan[3]. Penelitian selanjutnya menggunakan metode DCT-DWT, penelitian tersebut menunjukkan kinerja yang lebih baik sehubungan dengan ukuran kompresi dan persentase kompresi gambar. Kompresi Citra menggunakan DWT tidak akan hanya memungkinkan untuk mengompresi gambar tetapi juga akan membantu menjaga kualitas gambar seperti bentuk aslinya[4]. Dalam penelitian ini mengkombinasikan metode transformasi *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT) pada *Compressive sensing*, kemudian *Discrete Cosine Transform* (DCT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) pada *audio watermarking*.

Beberapa data digital memiliki ukuran data penyimpanan cukup besar dengan penggunaan data yang besar dapat mempengaruhi penyimpanan menjadi cepat penuh dan mempengaruhi sistem transmisi pada alat. Agar penyimpanan data menjadi lebih efisien, dikembangkan teknik kompresi data untuk meminimalisasi ukuran citra namun tetap dapat menunjukkan citra tersebut seperti aslinya. Teknik *Compressive Sensing* (CS) merupakan sebuah metode sampling dimana akuisisi dan kompresi sinyal dilakukan dalam satu waktu. Menanamkan watermark di domain CS dan menjadikan matriks pengukuran sebagai kunci, akan sulit untuk mengekstrak atau merusak watermark tersebut tanpa kunci karena keragaman matriks pengukuran. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa metode yang usulkan meningkatkan keamanan dan menyerang ketahanan watermark dengan sangat baik[5].

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Audio Watermarking

*Audio Watermarking* merupakan metode penyisipan suatu informasi rahasia (watermark) ke dalam suatu media audio. Proses penyisipan suatu data rahasia tersebut dilakukan secara sedemikian rupa agar tidak merusak file audio dan tidak dapat perbedaannya oleh pendengaran manusia (*inaudible*). Selain itu, data rahasia yang disisipkan tersebut harus dapat diekstraksi kembali dan tahan terhadap berbagai serangan yang diberikan.

### 2.2 Compressive Sensing

*Compressive Sensing* (CS) merupakan metoda sampling baru dimana akuisisi dan kompresi sinyal dilakukan dalam satu waktu. *Compressive Sensing* adalah metode dimana lebih sedikit sample akan didapatkan dari sebuah sinyal yang sparse bersama dengan panjangnya dengan melakukan eksekusi linear non-adaptif yang menjaga struktur sinyal. Terdapat beberapa teknik yang bisa digunakan dalam rekonstruksi *compressive sensing*, yaitu L1 norm, *Orthogonal Matching Pursuit*, dan sebagainya.

Sinyal  $R^N$  dinyatakan sebagai  $N \times 1$  vektor  $\sum_{i=1}^N \Psi_i$  untuk orthogonal dan  $N \times N$  dari basis matriks  $\Psi$  dengan  $\sum_{i=1}^N \Psi_i$  untuk kolom, dengan nilai real pada satu dimensi sinyal  $f$  yang dapat dinyatakan dengan:

$$f = \Psi x \quad (2.1)$$

$K$  dinyatakan sebagai “K-sparse” bila  $K$  dari koefisien  $x$  pada persamaan 2.1 bukan nol, saat  $(N-K)$  bernilai nol dan  $K \ll N$ . Dengan mempertimbangkan proses pengukuran linear umum, maka  $M \times N$  matriks  $\Phi$  ( $M \ll N$ ) memenuhi.

$$y = \Phi f \quad (2.2)$$

Persamaan 2.2,  $y$  adalah  $M \times 1$  vektor disebut vektor pengukuran, dan  $\Phi$  adalah  $M \times N$  matriks pengukuran  $N$ . Sehingga yang ditunjukkan pada Persamaan 2.2,  $y$  dapat ditulis sebagai.

$$y = \Phi f = \Phi \Psi x = \Theta x \quad (2.3)$$

di mana  $\Theta = \Phi \Psi$  adalah  $M \times N$  matriks disebut matriks *compressive sensing*. Persamaan 2.3 menunjukkan bahwa dimensi dari sinyal  $f$  kurang dari  $M$ . Dalam teori *compressive sensing*, pengukuran matriks  $\Phi$  ( $M \times N$ ) memungkinkan rekonstruksi panjang- $N$  sinyal  $f$  dari panjang- $M$  sinyal.

### 2.3 Discrete Cosine transform

DCT merupakan teknik transformasi yang paling banyak digunakan yang dapat melakukan dekorelasi dari Input signal dalam data independent. DCT mengubah array data intensitas menjadi array data frekuensi untuk mengetahui seberapa cepat persebaran intensitas. Format *Image* JPEG menggunakan DCT untuk mengolah tiap  $8 \times 8$  Pixel Data. Untuk *Image* Dengan banyak komponen warna (Y, U dan V), maka DCT diterapkan pada  $8 \times 8$  pixel untuk setiap komponen (dalam hal ini pada masing-masing Y, U dan V).

## 2.4 Discrete Wavelete Transform

Transformasi Wavelet adalah sebuah teknik untuk menganalisis sinyal. Transformasi Wavelet dikembangkan sebagai sebuah alternatif *Short Time Fourier Transform* (STFT) untuk mengatasi masalah tentang frekuensi dan time resolution.

*Discrete Wavelet Transform* dari sebuah sinyal  $x$  dihitung dengan melewati serangkaian filter. Pertama, sampel dilewatkan melalui *Low Pass Filter* (LPF) dengan respon impuls  $g$ :

$$y_l[n] = (x * g)[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[n-k] \quad (2.4)$$

Sinyal juga didekomposisi secara bersamaan menggunakan *High Pass Filter* ( $h$ ). Output dari sinyal  $x$  tersebut memberi koefisien detail (dari HPF) dan koefisien yang berdekatan (dari LPF). Hal yang terpenting adalah dua filter tersebut saling berhubungan dan dikenal sebagai sebuah *quadrature mirror filter*. Namun, setengah dari frekuensi sinyal dihapus, setengah dari sample dihilangkan menurut aturan Nyquist. Output dari filter kemudian diperoleh dari:

$$y_l[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]g[2n-k] \quad (2.5)$$

$$y_{high}[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k]h[2n-k] \quad (2.6)$$

Dekomposisi membagi dua resolusi waktu sejak hanya setengah dari setiap karakteristik filter output dari sinyal. Jadi, setiap output mempunyai setengah dari frekuensi band dari input sehingga frekuensi resolusi menjadi berlipat [3]. Setelah didapatkan koefisien dari DWT maka bisa didapatkan pula invers DWT (IDWT) yang bertujuan untuk mengembalikan sinyal dekomposisi menjadi sinyal aslinya menggunakan persamaan:

$$[n] = \sum y_{high}[k]h[-k+2n] + y_{low}[k]g[-k+2n] \quad (2.7)$$

## 2.5 Singular Value Decomposition

SVD merupakan salah satu teknik pengolahan matriks dan salah satu alat yang digunakan untuk merepresentasikan sebuah matriks. SVD suatu teknik yang berguna dalam melakukan berbagai analisis dan komputasi matriks, yakni mengekspos struktur geometrinya, sehingga diketahui beberapa properti penting dari matriks itu. Dengan SVD, sebuah matriks didekomposisi menjadi 3 komponen matriks yakni sebuah matriks diagonal dan 2 matriks *orthogonal* yang berisi nilai-nilai singular.

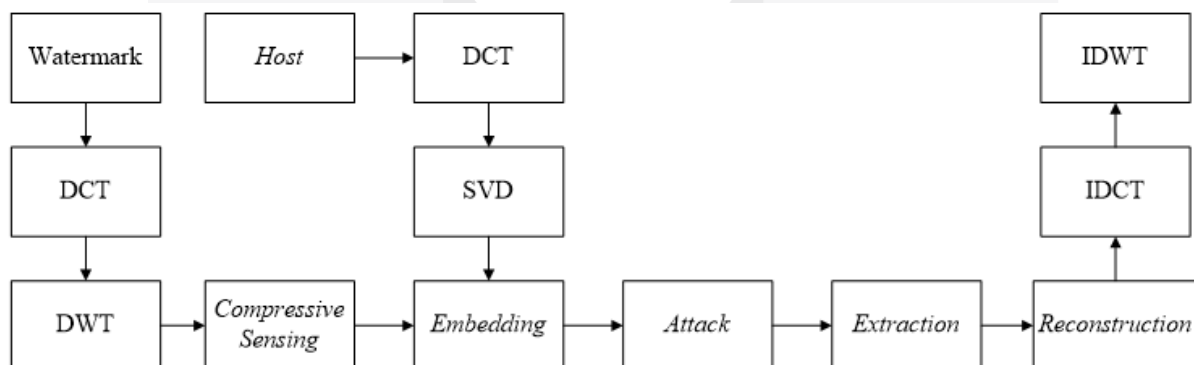
## 3. Perancangan Sistem

### 3.1 Desain Sistem

Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah sistem dari kompresi *audio watermarking* ini akan dibagi 2 tahap, yaitu tahap penyisipan watermark dengan menyisipkan citra biner ke dalam data host yang berupa file audio asli berformat \*.wav, dan menghasilkan file audio ter-watermark. Lalu pada tahap kedua akan dilakukan proses ekstraksi terhadap data watermark yang sudah berada dalam file audio ter-watermark.

### 3.2 Skema Umum Perancangan Sistem

Gambaran secara umum diagram blok yang dirancang dalam Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1. Berdasarkan Gambar 3.1 nilai dari *Signal to Noise Ratio* (SNR) dapat diketahui pada saat proses penyisipan. Selain itu, setelah tahap ekstraksi dan rekonstruksi dapat diketahui nilai *Bit Error Rate* (BER). Watermark tersebut disisipkan akan dilakukan IDCT-IDWT untuk mengembalikan sinyal seperti sinyal awal. Output dari proses tersebut adalah audio yang telah terwatermark. Audio yang telah terwatermark tersebut dilakukan beberapa serangan untuk mengetahui kualitas audio jika menggunakan sistem tersebut.



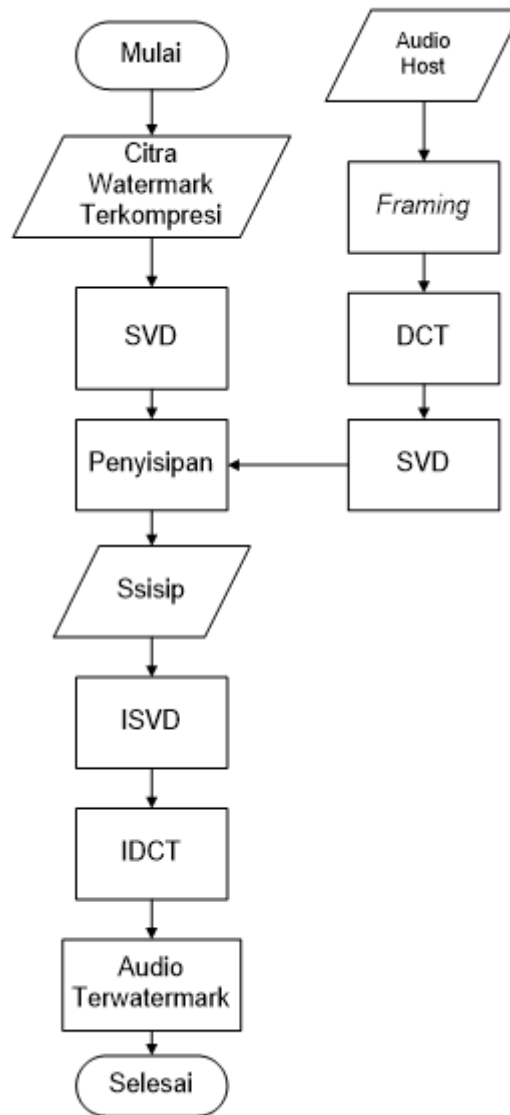
Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem Audio Watermarking

### 3.3 Proses Embedding Watermark

Berdasarkan gambar 3.2 dibawah, langkah-langkah dari proses *embedding watermark* dapat diuraikan secara singkat sebagai berikut:

1. Input file yang akan dijadikan sebagai host audio. Dalam hal ini adalah file audio 30 detik dengan  $f_s = 44,1$  kHz dan formatnya \*.wav.

2. Lakukan segmentasi terhadap host audio tersebut. Yaitu, membaginya menjadi frame sesuai dengan ukuran watermark.
3. Lakukan proses transformasi DCT dan menerapkannya ke tiap frame.
4. Citra watermark terkompresi di dapatkan dari proses compressive sampling terhadap citra biner yang nantinya akan disisipkan ke dalam audio host.
5. Kemudian melalui SVD Decomposition hasilnya dimanipulasi menjadi matriks S,U, dan V kemudian matriks S akan masuk ke QIM sedangkan U dan V akan masuk ke SVD Recontruction. Citra watermark yang sudah dilakukan compressive sampling dan menentukan measurement rate kemudian didekomposisikan dengan SVD. Setelah itu akan di dapatkan Stotal dari proses SVD pada tiap bagian.
6. Sehingga akhirnya didapatkan hasil penyisipan berupa watermarked audio.



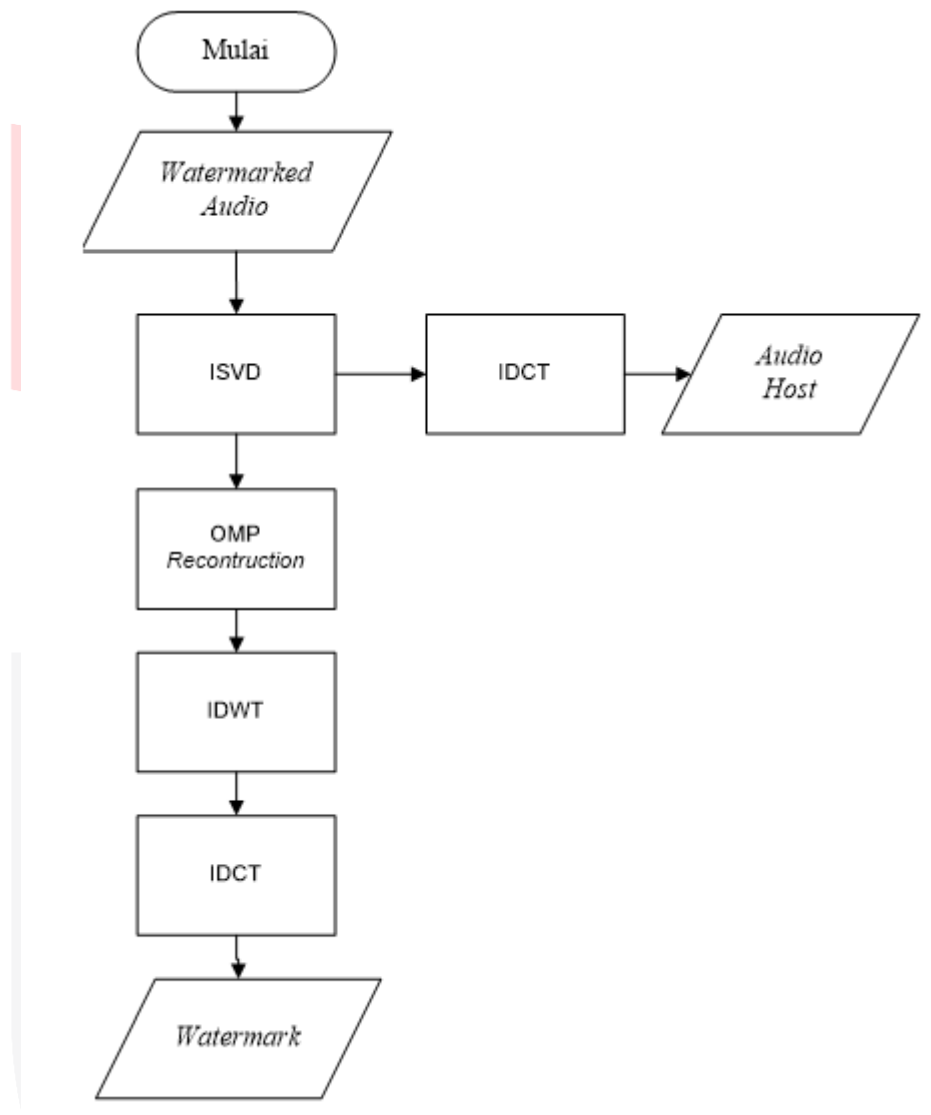
**Gambar 3.2** Diagram Proses *Embedding*

### 3.4 Proses Ekstraksi *Watermark*

Dalam proses ini akan dilakukan ekstraksi dari host audio yang sudah disisipkan watermark untuk mengetahui bit informasinya. Proses ini adalah proses terakhir dari sistem. Berikut adalah langkah-langkah dalam proses ekstraksi watermark:

1. Lakukan pembacaan watermarked audio.
2. Dilakukan proses Inverse Singular Value Decomposition, pada proses inilah memisahkan kembali pesan rahasia image watermark (secret message) dengan audio host.
3. Pada sisi untuk mendapatkan audio host terlebih dahulu dilakukan proses Inverse DCT
4. Pada sisi yang lainnya dilakukan proses rekonstruksi CS dengan OMP Reconstruction.

5. Selanjutnya dilakukan proses Inverse DWT dan Inverse DCT Sehingga akhirnya didapatkan hasil ekstraksi Image watermark (secret message) didapatkan. Adapun bagan saat proses ekstraksi watermark yang akan dilalui adalah pada Gambar 3.3, sebagai berikut :



Gambar 3.3 Bagan Ekstraksi Watermark

## 1. Pengujian Sistem Dan Analisis

### 4.1 Analisis Pengujian

Uji coba dijalankan dengan menggunakan 4 jenis audio (Country\*.wav, Rock\*.wav, Jazz\*.wav, dan Accoustic\*.wav) yang berbeda untuk mengetahui keandalan sistem dengan *frekuensi sampling* 44100 Hz dengan masing-masing audio memiliki durasi sepanjang 30 detik. Berikut jenis audio yang dipakai dalam uji coba sistem.

Selain itu, dalam sistem *audio watermarking* ini akan disisipkan suatu informasi/data berbentuk citra citra biner dengan format .jpg 256x256 piksel sebagai berikut:

**ASL**

Gambar 4.1 Citra watermark

#### 4.2 Performansi Sistem Audio Watermarking Tanpa Compressive Sensing

Tabel 4.1 Pengaruh Sistem Tanpa Compressive Sensing Untuk Citra Biner Resolusi 256x256

| Measurement Rate | PSNR  | BER    | ODG   |
|------------------|-------|--------|-------|
| 100%             | 72.49 | 0.0004 | -1.26 |

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.2 diatas dapat diketahui bahwa sistem menghasilkan nilai BER, MSE, PSNR, dan ODG yang baik. Akan tetapi waktu rekonstruksi yang dibutuhkan pada sistem menjadi lama. Maka dari itu, dibutuhkan compressive sensing untuk mempersingkat waktu rekonstruksi yang dibutuhkan dengan mempehatikan hasil dari parameter agar tetap baik.

#### 4.3 Performansi Sistem Audio Watermarking Tanpa Compressive Sensing

Analisis data pada hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performansi sistem tanpa menggunakan *compressive sampling* terhadap citra biner dengan resolusi 256x256 dan disisipkan ke audio *accoustic \*.wav*. Nilai *measurement rate* yang digunakan adalah 100% karena pengujian dilakukan tanpa menggunakan *compressive sampling*.

Tabel 4.2 Pengaruh Sistem Tanpa Compressive Sensing Untuk Citra Biner Resolusi 256x256

| Measurement Rate | PSNR  | BER    | ODG   |
|------------------|-------|--------|-------|
| 100%             | 72.49 | 0.0004 | -1.26 |

Berdasarkan hasil dari Tabel 4.2 diatas dapat diketahui bahwa sistem menghasilkan nilai BER, MSE, PSNR, dan ODG yang baik. Akan tetapi waktu rekonstruksi yang dibutuhkan pada sistem menjadi sangat lama. Maka dari itu, dibutuhkan compressive sampling untuk mempersingkat waktu rekonstruksi yang dibutuhkan dengan mempehatikan hasil dari parameter agar tetap baik.

#### 4.4 Analisis Pengaruh Serangan Terhadap Parameter Audio Watermarking

Pada bagian ini akan dilakukan uji serangan terhadap citra *watermark*. Kemudian akan dipilih nilai keseluruhan SNR yang paling baik pada tiap jenis citra untuk diujikan ketahanan serangannya. Serangan yang akan diguakan berjumlah 6 jenis yaitu *Low Pass Filter (LPF)*, *Band Pass Filter (BPF)*, *Noise*, *Time Scale Modification (TSM)*, *Linier Speed Change (LSC)*, dan MP3 compression.

##### 4.3.1 Pengaruh Serangan Terhadap Parameter Audio Watermarking pada Citra Biner

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performansi sistem terhadap serangan yang diberikan pada citra biner ukuran 256x256 dengan nilai *measurement rate* 50% yang disisipkan ke dalam host audio *accoustic\*.wav*. Kemudian akan didapatkan hasil nilai BER dan PSNR untuk menilai ketahanan sistem tersebut terhadap serangan yang diberikan.

Tabel 4.2 Pengaruh Serangan Terhadap Citra Biner

| Serangan                | Kriteria | Parameter Pengujian |       |
|-------------------------|----------|---------------------|-------|
|                         |          | BER                 | PSNR  |
| LPF                     | 3k       | 0.002               | 74,99 |
|                         | 6k       | 0.001               | 76,65 |
|                         | 9k       | 0.001               | 85,50 |
| BPF                     | 100-6k   | 0.0008              | 68,65 |
|                         | 50-6k    | 0.001               | 75,36 |
|                         | 25-6k    | 0.0003              | 82,49 |
| Noise                   | 0 dB     | 0.02                | 64,26 |
|                         | 10 dB    | 0.17                | 55,73 |
|                         | 20 dB    | 0.38                | 52,24 |
| Linear Speed Change     | 1%       | 0.00                | 70,50 |
|                         | 5%       | 0.39                | 52,15 |
|                         | 10%      | 0.38                | 52,31 |
| Time Scale Modification | 1%       | 0.14                | 56,40 |
|                         | 2%       | 0.34                | 52,76 |
|                         | 4%       | 0.03                | 63,39 |
| Kompresi MP3            | 32k      | 0.006               | 70,05 |
|                         | 64k      | 0.54                | 50,78 |

|  |      |      |       |
|--|------|------|-------|
|  | 128k | 0,48 | 51,31 |
|  | 192k | 0,96 | 48,27 |

## 5. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisis dari skenario yang dirancang, maka terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pada tugas akhir ini menggunakan teknik CS berbasis DCT-DWT, teknik penyisipan DCT-SVD dan OMP untuk rekonstruksi citra *watermark* telah berhasil diimplementasi. Dalam pemilihan resolusi citra *watermark*, semakin besar resolusi citra maka akan semakin buruk kualitas audio setelah disisipkan citra *watermark*.
2. *Compressive sensing* yang digunakan cukup baik jika melihat hasil dari pengujian terhadap performansi menggunakan serangan sinkronisasi (LPF dan BPF) dengan nilai BER sebesar  $< 0,03$ . Nilai rata-rata setelah serangan pada parameter BER 0,20 serta rata-rata SNR 25,03 dB.
3. Berdasarkan hasil setelah pengujian ketahanan dengan diberikan berbagai serangan membuktikan *imperceptibility* karena dari rata penilaian parameter MOS menghasilkan nilai  $> 3$  dan pada penilaian terhadap audio host rock\*.wav memiliki nilai skala tertinggi dengan nilai rata-rata MOS sebesar 4,21. Tingkat Robustness pada hasil pengujian pada citra *biner* tahan terhadap serangan menghasilkan nilai rata-rata BER sebesar 0,20. Pengujian menggunakan CS dan tanpa CS, membuktikan bahwa tanpa CS menghasilkan performansi sistem yang cukup baik daripada menggunakan CS.

## Daftar Pustaka:

- [1] R. R. Ginanjar, B. A. F. Agradriya, F. K. Perdana, I. Safitri, and L. Novamizanti, "Copyright protection based on arnold transform wavelet method in audio watermarking," *APWiMob 2017 - IEEE Asia Pacific Conf. Wirel. Mobile, Proc.*, vol. 2017–November, pp. 19–22, 2018.
- [2] J. Wang, "New Digital Audio Watermarking Algorithms," *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, vol. 2, no. September, pp. 91–101, 2011.
- [3] G. Suresh, N. V. Lalitha, C. S. Rao, and V. Sailaja, "An efficient and simple Audio Watermarking using DCT-SVD," in *2012 International Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, 2012, pp. 177–181.
- [4] A. H. M. Jaffar Iqbal Barbhuiya, T. A. Laskar, and K. Hemachandran, "An approach for color image compression of JPEG and PNG images using DCT and DWT," *Proc. - 2014 6th Int. Conf. Comput. Intell. Commun. Networks, CICN 2014*, pp. 129–133, 2014.
- [5] B. Liao and J. Lv, "A novel watermark embedding scheme using compressive sampling in wavelet domain," *Open Cybern. Syst. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2015.
- [6] Ming Zhao, Jeng-Shyang Pan, and S.T. Chen. *Optimal SNR of Audio Watermarking by Wavelet and Compact PSO Methods*. J. Inf. Hiding Multimed. Signal Process, vol.6, no.5, pp. 833–846, 2015.
- [7] Zebua, Taronisokhi. Penerapan Metode LSB-2 Untuk Menyembunyikan Ciphertext Pada Citra Digital, vol. x no. no3. Pp. 23-29, 2015.
- [8] Iirawati, Pengenalan Dasar Digital, Makassar: Fikom UMI, 2014.
- [9] Y. Himeur, B. Boudraa and A. Khelalef, "A Secure and High Robust Audio Watermarking System for Copyright Protection", *International Journal of Computer Applications*, vol. 53, no. 17, pp. 33-39, 2012
- [10] K. K. Neetha and A. M. Koya, "A Compressive Sampling Approach to DCT Watermarking System," *International Conference on Control, Communication & Computing India (ICCC)*, pp. 495-500, 2015.
- [11] Arining Pangestu, Gelar Budiman, S.T., M.T., Irma Safitri, S.T, M.Sc.. "Analysis of Image Watermarking Using Compressive Sensing Algorithm Orthogonal Matching Pursuit Approach Based Discrete Cosine Transform Using Singular Value Decomposition" *e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.3 Desember 2017* | Page 3688.
- [12] MK Maghein, G Budiman, I Safitri "Design And Implementation Compressive Sampling For Audio Watermarking System Using Combination Method Discrete Cosine Transform And Discrete Wavelet Transform" *e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.3 Desember 2017* | Page 3508.
- [13] A. A. J. Altaay, S. Bin Sahib, and M. Zamani, "An introduction to image steganography techniques," *Proc. - 2012 Int. Conf. Adv. Comput. Sci. Appl. Technol. ACSAT 2012*, pp. 122–126, 2013.
- [14] C. U. I. Delong, L. Qirui, Y. U. Guilan, and X. Jianbin, "Content Based Audio Watermarking Method To Resist De- Synchronization Attacks," *ICINS 2014 Int.Conf. Information Netw. Secur.*, pp. 0-5, 2014
- [15] M. Pulung Nurtantio Andono, T.Sutojo, *Pengolahan Citra Digital*, A. Pramesta, Ed. Penerbit Andi, 2107.

- [16] K. H.Bamne, V. M. Harnal and V. M. Jain, "EMD Based Audio Watermarking With TSM Attack," IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE) , vol. 12, no. 5, pp. 74- 78, 2017.

