

# Audio Watermarking Stereo Tersinkronisasi Berbasis *Stationary* *Wavelet Transform* Dengan Perhitungan *Centroid*

Vivin Telia Kirana Permatasari<sup>1</sup>, Gelar Budiman<sup>2</sup>, Sofia Sa'idah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia, Telp: +6222 7564 108

vivintelia@gmail.com<sup>1</sup>, gelar.budiman@gmail.com<sup>2</sup>, sofiasfi@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstrak** – Saat ini merupakan era digital dimana semua pertukaran informasi menggunakan media digital termasuk audio. Orang-orang yang tidak bertanggung jawab melakukan pembajakan untuk mendapatkan. Untuk itulah diperlukan adanya perlindungan. Ada berbagai macam cara dalam perlindungan hak cipta salah satunya adalah dengan menyembunyikan data yang disebut watermarking. Watermarking adalah suatu teknik menyembunyikan data/informasi pada suatu media digital dan mampu tidak terlihat oleh mata biasa dan tahan terhadap proses-proses digitalisasi (editing media, baik noising, blurring, dan lain sebagainya). Pada penelitian ini, metode audio watermarking yang digunakan adalah audio centroid berdasarkan SWT dengan menambahkan sinkronisasi. Proses watermarking yang dilakukan adalah host audio ditransformasi dengan SWT kemudian dilakukan perhitungan audio centroid berdasar sinyal yang dipilih dari keluaran SWT. Setelah itu watermark disisipkan dengan memanfaatkan parameter audio centroid yang telah disinkronisasi menggunakan metode audio centroid yaitu dengan QIM. Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah ketahanan (robustness) terhadap serangan memberikan hasil yang memuaskan dimana BER dapat dicapai dengan maksimal 5% dan imperceptibilitas yang tinggi dengan kualitas audio yang mencapai SNR 25dB dan ODG > -1.

**Kata kunci:** Audio Watermarking, SWT, Centroid, Sinkronisasi, QIM

## 1. Pendahuluan

Saat ini merupakan era digital dimana semua pertukaran informasi menggunakan media digital termasuk audio. Audio yang kini tersebar diunggah dan dipublikasikan melalui internet. Tujuannya adalah agar pendistribusiannya menjadi lebih mudah. Tetapi sebenarnya ancaman terhadap audio tersebut jauh lebih besar. Ancaman yang dimaksud adalah kejahatan dalam pembajakan audio. Orang-orang yang tidak bertanggung jawab melakukan pembajakan untuk mendapatkan keuntungan. Untuk itulah diperlukan adanya perlindungan. Perlindungan yang dimaksud adalah perlindungan hak cipta.

Hak cipta merupakan hak untuk menyalin suatu ciptaan. Ada berbagai macam cara dalam perlindungan hak cipta salah satunya adalah dengan menyembunyikan data yang disebut watermarking. Teknik watermarking ini akan menyembunyikan suatu tanda copyright akan suatu data digital dengan cara menumpangkan sebuah data ke dalam suatu data digital yang diinginkan. Dimana data yang ditumpangkan bisa berisi nama pemilik, atau data lain yang diinginkan. Watermarking yang berkualitas tinggi haruslah memenuhi tiga kriteria, yaitu imperceptibility, robustness, dan security. Imperceptibility berarti bahwa watermark yang disisipkan sebaiknya tidak mudah dideteksi oleh indera. Robustness menunjukkan kemampuan memulihkan data watermark dari sinyal watermark, baik dalam situasi dengan atau tanpa

serangan. *Security* mengacu pada fakta bahwa pengguna yang tidak sah tidak dapat mengekstrak *watermark*[1].

Selama beberapa tahun terakhir, beberapa skema *watermarking* telah dikembangkan untuk berbagai tipe data. Serangan sinkronisasi dapat menyebabkan pergeseran antara *embedding* dan deteksi dalam domain waktu sehingga sulit bagi *watermark* untuk bertahan. De-sinkronisasi [2] adalah masalah serius pada skema *watermarking*, terutama teknik audio *watermarking*. Pada [3] hasil eksperimen menunjukkan *watermark* yang tidak terdengar dan stabilitas yang tinggi dari centroid tingkat frame di bawah berbagai serangan pemrosesan sinyal namun tidak tahan terhadap serangan de-sinkronisasi. [4][5] menyarankan metode *watermarking* menggunakan *centroid* dan hasilnya menunjukkan *watermarking* yang stabil untuk resampling, *low pass filtering* dan *delay operation* namun kapasitas *watermark*nya rendah. Dalam [6][7][8] menunjukkan hasil bahwa SWT tahan terhadap serangan de-sinkronisasi namun panjang urutan fitur cukup panjang dan kinerja *watermarking* perlu diperbaiki. Dalam [9] menunjukkan hasil yang memuaskan dengan ketahanan yang sempurna dan kapasitas yang tinggi serta BER yang bernilai 0 ketika diberi serangan kompresi. Dalam [10] gabungan metode *watermarking* serta optimasi menghasilkan BER bernilai 0 dan kualitas berdasarkan PSNR yang naik hingga 5dB. Dalam [11] dengan menggunakan metode penyisipan QIM didapatkan nilai BER 0 pada level tertentu dan SNR yang tinggi namun ketahanan sistem belum sempurna

Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan implementasi cara untuk menambahkan suatu *watermark* berupa image pada *file audio digital* menggunakan *audio centroid* berbasis SWT(Stationary Wavelet Transform) dengan menggunakan sinkronisasi. SWT digunakan untuk mencegah pergeseran *watermark* dan *centroid* digunakan untuk mendapatkan hasil yang lebih stabil. Sehingga dengan menggunakan penggabungan kedua metode ini diharapkan *file audio* yang telah disisipkan *watermark* akan lebih tahan terhadap berbagai macam gangguan. Keluaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah ketahanan(*robustness*) terhadap serangan memberikan hasil yang memuaskan dimana BER dapat dicapai dengan maksimal 5% dan imperceptibilitas yang tinggi dengan kualitas *audio* yang mencapai SNR 25dB dan ODG> -1.

## 2. Metode

Pada bagian ini dijelaskan tentang jenis metode pengumpulan data dan metode analisis data.

### 2.2.1. Metode Pengumpulan Data

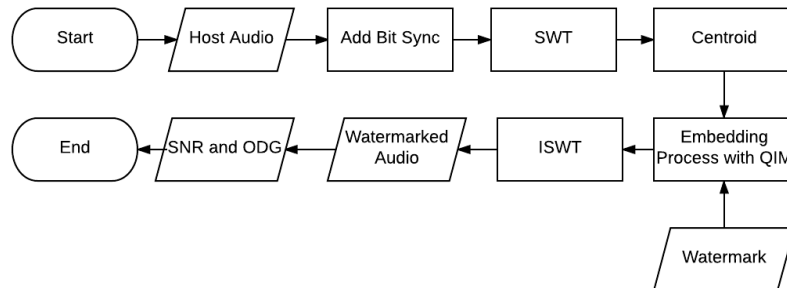
Metode yang pertama dilakukan adalah studi literature yaitu mencari materi yang terkait dengan *Stationary Wavelet Transform*(SWT), *Audio Centroid*, *Quantization Index Modulation*(QIM) dan Sinkronisasi pada paper penelitian sebelumnya. Penggabungan metode dilakukan karena setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan tersendiri. Metode yang selanjutnya dilakukan adalah simulasi yaitu mengimplementasikan hasil studi literature untuk digabungkan dan implementasi dilakukan di Matlab 2014a dengan *host* berupa *audio* bertipe wav dan *watermark* berupa citra logo bertipe bmp. Lalu dilakukan pengujian dengan menghitung nilai SNR, ODG, dan BER untuk mengetahui bagaimana kualitas *audio watermarking* menggunakan gabungan metode tersebut.

### 2.2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis yang digunakan adalah dengan menghitung nilai BER, SNR dan ODG. Dimana penghitungan dilakukan sebelum dan setelah diberikan serangan. *Signal to Noise Ratio*(SNR) dan *Objective Different Grade*(ODG) merupakan parameter pengujian pada *audio watermark* atau sebelum serangan sedangkan *Bit Error Rate*(BER) merupakan parameter pengujian pada hasil ekstraksi. *Mean Opinion Score*(MOS) adalah parameter subyektif yang didasarkan pada perbedaan *audio* asli dan *audio* yang telah disisipi *watermark*. Berikut merupakan langkah-langkah proses *embedding* dan *ekstraksi*

2.2.2.1. Proses *Embedding*

Embedding adalah proses penyisipan watermark ke dalam host. Proses embedding secara keseluruhan dijelaskan pada gambar dan langkah dibawah ini



Gambar 2.1. Diagram alir proses *embedding*

1. Bagi sinyal *audio*  $X = \{ x(s), 1 \leq s \leq L \}$  dimana L merupakan panjang sinyal *audio* menjadi beberapa *frame*. Jumlah *frame* ditentukan berdasarkan panjang total dari *audio* dan ukuran *frame* lalu tambahkan bit sinkronisasi.
2. Pilih *sub-band* dari hasil transformasi dengan SWT  $X(n)$  yang memiliki frekuensi tinggi dimana setiap *frame* didekomposisi menjadi level N SWT dengan menghitung koefisien menggunakan persamaan

$$C_{j+l,k} = \left( \int(x), \frac{1}{2^{\frac{j+1}{2}}} \Phi\left(\frac{x-k}{2^{(j+1)}}\right) \right) = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} h(l) c_{j,k+2j} \tag{2.1}$$

$$D_{j+l,k} = \sum_{l=-\infty}^{+\infty} h(l) d_{j,k+2l} \tag{2.2}$$

3. Segmentasi  $X(n)$  menjadi beberapa *frame* dengan  $Len(Len = L / (M \times N))$  sebagai panjang dari setiap *frame audio*.
4. Bagi setiap *frame* menjadi beberapa bagian lalu hitung *centroid* di setiap *frame* dengan persamaan

$$M(p) = \sqrt{\frac{\frac{Len}{\sum_{t=1}^n \log_2(|A'_t(p)|^2 + \alpha)}}{Len/n}}, p=1, 2, \dots, n \tag{2.3}$$

$$C = \text{floor} \left[ \frac{\sum_{p=1}^n p \times M(p)}{\sum_{p=1}^n M(p)} \right], p=1, 2, \dots, M \tag{2.4}$$

5. Pilih bagian ke C yang merupakan *centroid* sebagai daerah penyisipan
6. Ubah bentuk citra logo dari bentuk dua dimensi  $W = \{ w(i,j), 1 \leq i \leq M, 1 \leq j \leq N \}$  menjadi bentuk satu dimensi
7. Sisipkan setiap bit *watermark* menggunakan QIM kedalam daerah penyisipan terpilih dari setiap *frame*. Hitung terlebih dahulu  $\Delta = \frac{1}{2^{n-1}}$   
Jika bit *watermark* adalah '1' maka lakukan persamaan

$$A_k = \left(2k + \frac{1}{2}\right)\Delta, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \tag{2.5}$$

$$F'(0) = \{A_k, \text{if } w = 1 \text{ and } \arg \min |F(0) - A_k|\} \tag{2.6}$$

sedangkan jika bit *watermark* adalah ‘0’ maka lakukan persamaan

$$B_k = \left(2k - \frac{1}{2}\right)\Delta, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \tag{2.7}$$

$$F'(0) = \{B_k, \text{if } w = 1 \text{ and } \arg \min |F(0) - B_k|\} \tag{2.8}$$

8. Lakukan *inverse* SWT pada koefisien yang telah dimodifikasi dari setiap daerah penyisipan untuk dikembalikan kepada domain waktu asli menggunakan persamaan

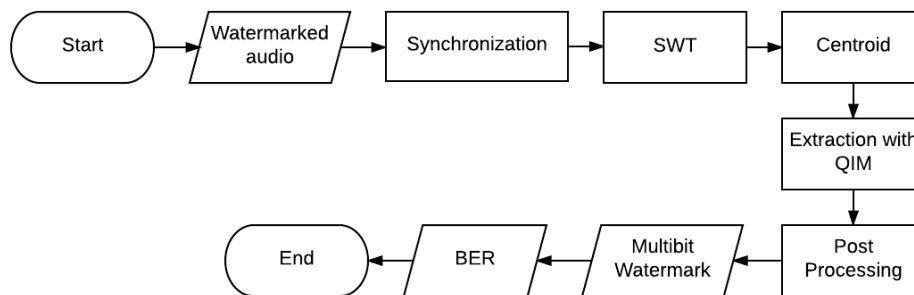
$$\tilde{X}(n) = C_{j+L.k} + D_{j+L.k} \text{ or } \tilde{X}(n) = \text{merge}(C_{j+L.k}, D_{j+L.k}) \tag{2.9}$$

dan akan menghasilkan *audio terwatermark*  $\tilde{X}(n)$ .

9. Hitung SNR dan ODG

**2.2.2.2. Proses Ekstraksi**

Proses ekstraksi adalah proses pengambilan kembali watermark yang telah disisipkan. Proses ekstraksi secara keseluruhan akan dijelaskan pada langkah dibawah ini



Gambar 2.2. Diagram alir proses ekstraksi

1. Bagi *audio terwatermark*  $\tilde{X}(n)$  menggunakan metode yang sama dengan saat proses penyisipan.
2. Cari bit sinkronisasi dari setiap bagian.
3. Pilih *sub-band* dari hasil transformasi dengan SWT yang memiliki frekuensi tinggi dimana setiap frame didekomposisi menjadi level N SWT dengan menghitung koefisien menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2)

4. Tentukan semua daerah ekstraksi dengan persamaan (2.3) dan (2.4)
5. Ekstraksi bit watermark yang telah disisipkan sebelumnya dengan menggunakan persamaan QIM

$$\Delta = \frac{1}{2^{n-1}} \quad (2.10)$$

$$\tilde{v}(k) = \text{mod} \left( \text{ceil} \left( \frac{\tilde{F}(0)}{\Delta} \right), 2 \right) \quad (2.11)$$

6. Ubah bit watermark terekstraksi dari bentuk satu dimensi menjadi dua dimensi.
7. Hitung BER

### 2.2.3. Parameter Pengujian

Selain itu juga terdapat kriteria yang menunjukkan apakah *watermarking* yang telah dilakukan pada sebuah *audio* berkualitas tinggi atau tidak. Adapun kriteria pengujian/parameter performansi itu adalah

1. SNR

*Sinyal to Noise Ratio* (SNR) yang digunakan untuk mengukur kemiripan antara distorsi sinyal audio asli dan sinyal audio watermark yang terdistorsi. Perhitungan SNR dilakukan menurut persamaan

2. BER

*Bit Error Rate* (BER) adalah parameter pengukuran objektif yang dipakai untuk mengukur ketepatan data hasil ekstraksi pesan yang disisipkan pada *file audio* dengan cara menghitung persentase bit yang salah dari hasil ekstraksi dengan bit keseluruhan sebelum dilakukan embedding.

3. *Objective Difference Grade*(ODG)

ODG adalah parameter pengukuran objektif yang didapatkan dengan menghitung evaluasi persepsi dari kualitas *audio* yang telah ditetapkan dalam ITU BS.1387-1(PEAQ). Rentang ODG berkisar dari -4 sampai 0. Penilaian ODG dapat dilihat pada tabel 1.

4. *Mean Opinion Score*(MOS)

MOS adalah suatu parameter subjektif yang didapatkan berdasarkan opini dari seseorang ketika mendengarkan *watermarked audio*. Kriteria untuk parameter MOS dapat dilihat pada Tabel 2

### 2.2.4. Serangan pada Audio Watermarking

Serangan pada *watermarking* digunakan untuk menguji seberapa tahan sinyal *watermarked* dengan melihat BER, ODG, dan SNR. Adapun jenis serangan yang dilakukan dalam tugas akhir ini adalah

1. *Filtering*

*Filtering* adalah penyaringan sinyal yang dibutuhkan pada suatu sistem, komponen sinyal yang dibutuhkan akan dilewatkan dan yang tidak dibutuhkan akan diredam. Salah satu jenis serangan *filtering* antara lain adalah *Low Pass Filter* (LPF) : jenis filter yang melewatkan sinyal frekuensi rendah dan melemahkan sinyal frekuensi tinggi, frekuensi diatas frekuensi *cut-off* tidak dilewatkan.

2. *Stereo to Mono*

*Stereo to mono* adalah jenis serangan yang mengubah kanal suara.

3. *Resampling*

*Resampling* adalah perubahan frekuensi *sampling* pada sinyal asli (host audio) dengan frekuensi baru yang ditentukan kemudian dikembalikan lagi ke frekuensi *sampling* awal.

4. *Noise*

*Noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), elektrik, maupun elektronis yang hadir dalam suatu sistem (rangkaiian listrik/elektronika) dalam bentuk gangguan yang merupakan sinyal yang tidak diinginkan

### 5. Kompresi mp3

*Audio watermark* di kompresi ke dalam format .mp3 dengan *bit rate* tertentu yang kemudian akan dilihat bagaimana tingkat kerusakan data *watermark* setelah diekstraksi. Kompresi mp3 berfungsi untuk memperkecil ukuran *audio* dan menghasilkan ekstensi .mp3 dengan *rate* kompresi tertentu.

## 3. Parameter Kerja

Audio watermarking akan melewati tiga proses yaitu penyisipan(embedding), proses serangan dan proses ekstraksi. Dimana dari setiap proses akan didapat nilai-nilai yang dapat menyatakan kualitas dari audio watermarking yang menggunakan penggabungan metode Stationary Wavelet Transform, Audio Centroid, dan Sinkronisasi.

### 3.1. Persamaan

Untuk pengujian kualitas watermarking, memanfaatkan parameter uji SNR, ODG, BER dan MOS. Untuk ODG dan MOS skala kualitas berdasarkan tabel sedangkan SNR dan BER skala kualitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$SNR(dB) = 10 \log \frac{\sum n A_n^2}{\sum n (A_n - A'_n)^2} \quad (3.1)$$

$$BER = \frac{\text{Number of bits error}}{\text{Total number of bit}} \times 100\% \quad (3.2)$$

### 3.2. Tabel

Tabel 1. Skala ODG

Skala ODG	Kualitas <i>Audio</i>	Keterangan
0	Sangat Baik	Tidak terdengar
-1	Baik	Terdengar tapi tidak mengganggu
-2	Cukup	Sedikit mengganggu
-3	Buruk	Mengganggu
-4	Sangat Buruk	Sangat mengganggu

Tabel 2. Skala MOS

Skala MOS	Kualitas <i>Audio</i>	Keterangan
1	Sangat Buruk	<i>Watermark</i> mengganggu dan <i>audio</i> tidak terdengar
2	Buruk	<i>Watermark</i> mengganggu tapi <i>audio</i> bisa didengar
3	Cukup	<i>Watermark</i> terasa dan sedikit mengganggu
4	Baik	<i>Watermark</i> terasa sedikit tapi tidak mengganggu
5	Sangat Baik	<i>Watermark</i> tidak terasa

#### 4. Kesimpulan

Kualitas audio watermarking dapat diukur secara objektif dan subjektif. Pengujian secara objektif yaitu dengan menggunakan parameter BER, ODG, dan SNR sedangkan pengujian secara subjektif menggunakan MOS pada hasil simulasi menggunakan matlab R2014a. Diharapkan pengujian menghasilkan nilai BER maksimal 5%, ODG > -1 dan SNR dapat mencapai 25dB.

#### Daftar Pustaka

- [1] M. Arnold, "AUDIO WATERMARKING: FEATURES, APPLICATIONS AND ALGORITHMS," *Dep. Secur. Technol. Graph. Commun. Syst.*, vol. 1013–1016, 2000.
- [2] A. Zaidi *et al.*, "Audio Watermarking Under Desynchronization and Additive Noise Attacks," *IEEE Trans. Signal Process. Inst. Electr. Electron. Eng.*, vol. 54, p. 575667, 2011.
- [3] M. Fan and H. Wang, "Centroid-based robust audio watermarking scheme," *ICALIP 2008 - 2008 Int. Conf. Audio, Lang. Image Process. Proc.*, no. 1, pp. 476–479, 2008.
- [4] Q. Zhang, Z. Liu, and Y. Huang, "Adaptive Audio Watermarking Algorithm Based on Sub-band Feature," *J. Inf. Comput. Sci.*, vol. 2, no. February, pp. 305–314, 2012.
- [5] H. Wang, M. Fan, and Q. Qian, "Efficiently Self-synchronized Audio Watermarking Against Re-sampling Attack," *IEEE Int. Conf. Comput. Sci. Eng.*, pp. 335–338, 2011.
- [6] C. M. Pun and X. C. Yuan, "Robust segments detector for de-synchronization resilient audio watermarking," *IEEE Trans. Audio, Speech Lang. Process.*, vol. 21, no. 11, pp. 2412–2424, 2013.
- [7] C. U. I. Delong, L. Qirui, Y. U. Guilan, and X. Jianbin, "CONTENT-BASED AUDIO WATERMARKING METHOD TO RESIST DE-SYNCHRONIZATION ATTACKS," *Int. Conf. Inf. Netw. Secur.*, vol. 1262, 2014.
- [8] H. Qayyum, M. Majid, S. M. Anwar, and B. Khan, "Transform Features," *Hindawi Math. Probl. Eng.*, vol. 2017, no. 1, pp. 1–9, 2017.
- [9] G. Budiman, A. B. Suksmono, D. Danudirdjo, K. Usman, and D. H. Shin, "A modified multicarrier modulation binary data embedding in audio file," *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 8, no. 4, pp. 762–773, 2016.
- [10] G. Budiman, L. Novamizanti, and I. Iwut, "Genetics Algorithm Optimization of DWT-DCT Based Image Watermarking," *Int. Conf. Sci. Appl. Sci.*, no. February, p. 9, 2016.
- [11] D. A. Bhagaskara, G. Budiman, and I. Safitri, "Perancangan Watermarking Audio Berbasis OFDM Menggunakan Metode Quantization Index Modulation ( QIM ) dan BCH Code," *Semin. Nas. Inov. dan Apl. Teknol.*, no. Februari, pp. 1–6, 2017.