

# Kinerja Teknik Compressive Sampling dan Sinkronisasi pada Audio Watermarking Stereo berbasis Stationary Wavelet Transform dengan Metode Cepstrum

Sriwahyuni<sup>1)</sup>, Gelar Budiman<sup>2)</sup>, Sofia Saidah<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Teknik Telekomunikasi Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom  
Jl. Telekomunikasi 1, telp/fax : 022-7566123, Bandung, Indonesia  
Email : ayusw8@gmail.com

**Abstrak.** Penggunaan internet memberikan dampak positif dan negatif kepada penggunaannya. Banyaknya plagiarisme dan pelanggaran hak cipta merupakan dampak negatif dari internet. Sehingga dibutuhkan suatu teknik penyembunyian informasi pada suatu media tertentu dan informasi tersebut dapat tahan terhadap serangan disebut dengan watermarking. Pada penelitian ini akan menganalisis audio watermarking dengan metode Stationary Wavelet Transform-Cepstrum-CS-Sync. Sebelum dilakukan proses penyisipan, watermark diubah ke dalam satu dimensi kemudian dilakukan Compressive Sampling encoding dengan menambahkan bit header untuk proses sinkronisasi. Kemudian host audio diuji dengan beberapa serangan dan ekstraksi. Ekstraksi watermark dilakukan dengan metode Statitical Mean Manipulation (SMM) dan host audio dalam domain cepstrum. Setelah melakukan beberapa proses tersebut, data yang disisipkan diuji berhasil atau tidak untuk di ekstraksi. Host audio akan diuji dengan beberapa parameter seperti Signal Noise Ratio (SNR), Bit Error Rate (BER) dan lain-lain. Dalam penelitian ini akan dibandingkan hasil dari watermarking sebelum dilakukan proses penyisipan dengan data setelah dilakukan ekstraksi pada watermarking serangan, dengan harapan nilai audio watermarking yang didapatkan yakni BER maksimal <10%, SNR minimal 20 dB dan PEAQ minimal -1.

**Kata kunci :** Audio Watermarking, Compressive Sampling, SWT, Cepstrum.

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

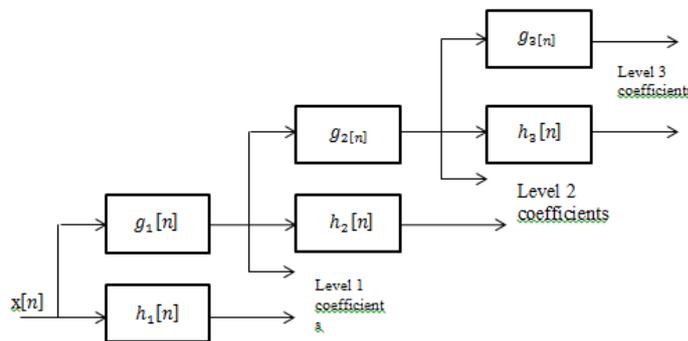
Perkembangan teknologi memudahkan penggunaannya untuk mendapatkan dan mengirimkan informasi secara luas. Data digital seperti audio, citra, teks dan video merupakan bentuk informasi yang memiliki keunggulan dalam penyimpanan dan pendistribusian lebih efisien. Namun, Hal ini menyebabkan banyaknya penyalahgunaan data digital. Sehingga dibutuhkan teknologi perlindungan hak cipta untuk keamanan data. Audio watermarking merupakan teknik menyembunyikan informasi kedalam host audio sedangkan *digital watermarking* merupakan suatu teknik penyembunyian data dengan menyisipkan informasi tanpa merusak data aslinya yang tidak disadari oleh indera manusia<sup>1</sup>. Sistem *audio watermarking*, terdiri dari dua bagian mendasar, yaitu proses *embedding* dan proses ekstraksi. *Watermark* citra disisipkan ke data digital audio, kemudian dilakukan pengolahan sinyal data dan coding hingga akhirnya data *watermark* tersebut dapat diambil kembali setelah proses ekstraksi. Oleh karena itu, keluaran citra *watermark* setelah mengalami rangkaian proses tersebut harus mirip dengan bentuk aslinya agar *tidak* terdeteksi oleh indera manusia.

Pada penelitian *watermarking* kali ini digunakan suatu metode penyempurnaan dari metode *Disceret Wavelet Transform* (DWT) yaitu *Stationary Wavelet Transform* (SWT) dengan penggabungan metode Cepstrum. Penelitian ini mencoba menggabungkan penelitian lama dengan metode Cepstrum. Sehingga dapat dibandingkan bagaimana hasil dari penggabungan dua metode ini dengan penelitian sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini untuk merancang sistem audio *watermarking* dengan metode SWT-Cepstrum-Cs-Sync dan analisis kualitas audio setelah proses penyisipan, ketahanan dan kapasitas watermark. Sehingga diharapkan pada penelitian ini dihasilkan ketahanan *audio watermarking* yang dilihat dari BER >10%, SNR minimal 20 dB dan PEAQ minimal -1.

## 2. Pembahasan

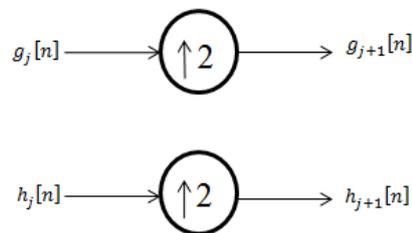
### 2.1 Stationary Wavelet Transform (SWT)

Stationer Wavelet Transform (SWT) adalah algoritma transformasi wavelet yang dirancang untuk mengatasi kekurangan translasi-invarian *Discrete Wavelet Transform (DWT)*<sup>2</sup>. Pada metode ini mengakibatkan pergeseran *invariance* yang bertujuan untuk menghindari kemungkinan perpindahan lokasi segmen diekstrak akibat serangan yang kuat. Untuk mencapai translasi – *invariance* dihilangkan *downsamplers* dan *upsamplers* di DWT dan *upsampling* koefisien filter dengan faktor 2j-1 di tingkat j'h dari algoritma sehingga memiliki ukuran yang sama sebagai klip audio kuat<sup>2</sup>. D dibawah ini merupakan blok diagram SWT



Gambar 1. SWT dengan 3 level filter bank<sup>3</sup>.

Dalam diagram di atas, filter di setiap tingkat adalah *up-sampel* versi sebelumnya (Lihat gambar di bawah). Filter SWT ditampilkan dalam gambar 2.:



Gambar 2. SWT filters<sup>3</sup>.

Sinyal x dari SWT dihitung setelah melewatiserangkain filter. Sinyal akan melewati low Pass Filter dengan respon impuls g menghasilkan konvolusi dari keduanya<sup>4</sup>:

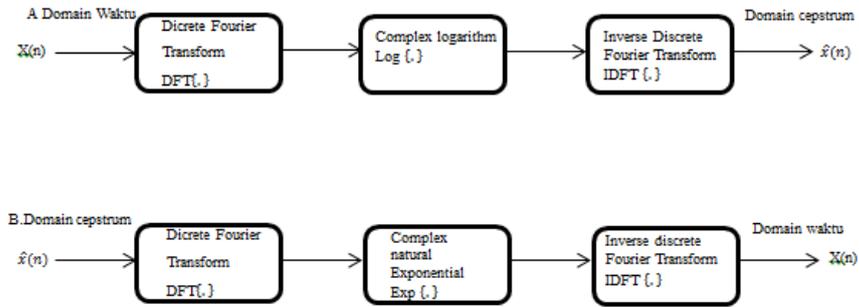
$$y[n] = (x * g) [n] = \sum x [k] g [n - k]; -\infty < k < \infty \dots \dots \dots (2)$$

- Diket: x= sinyal SWT
- g= Respon impuls
- y= Hasil sinyal konvolusi

Sinyal didekomposisi bersamaan dengan filter HPF respon ilmpuls h. Outputannya terdiri dari koefisien detail (HPF) dan koefisien aproksimasi (LPF), dimana kedua filter saling berkaitan dan disebut dengan filter cermin kuadratur.

## 2.2 Metode Cepstrum

*Cepstrum domain watermarking* dilakukan untuk menyisipkan *watermark* ke koefisien cepstral. Menurut definisi, cepstrum kompleks  $\hat{x}(n)$  adalah *invers Fourier* untuk mengubah logaritma kompleks dari *transformasi Fourier* sinyal  $x(n)$ . Informasi kompleks cepstrum tentang *magnitude* dan fasa dari spectrum frekuensi  $x(n)$  yang harus dipertahankan<sup>5</sup>. Gambar 3.6 menunjukkan diagram blok analisis cepstral<sup>3</sup>. Secara sistematis, yang dijelaskan sebagai berikut<sup>6</sup>:



Gambar 3. a).Cepstrum Komplek dan b). Inverse cepstrum complex

Dari diagram blok menjelaskan, kompleks cepstrum (3a) dan formula kompleks *invers* cepstrum (3b) yaitu<sup>5</sup>:

$$x(n) = F^{-1}\{\log(F\{x(n)\})\} \dots \dots \dots (3)$$

$$\hat{x}(n) = F^{-1}\{\exp(F\{\hat{x}(n)\})\} \dots \dots \dots (4)$$

## 2.3 Compressive Sampling

*Compressive Sampling* terbukti merekonstruksi sinyal menggunakan sejumlah proyeksi acak *nonadaptif* acak yang menunjukkan struktur asli dari sinyal dan memecahkan masalah optimasi spesifik<sup>7</sup>. Beberapa langkah umum seperti pemrosesan sinyal kompresi (CSP) menjelaskan beberapa masalah mendasar dari pemrosesan sinyal yaitu deteksi, klarifikasi, estimasi, dan penyaringan yang dilakukan oleh domain CS<sup>3</sup>. Menurut teori CS, sampel sinyal dapat menangkap dan mewakili sinyal di bawah frekuensi Nyquist<sup>7</sup>. CS adalah cara yang paling efektif untuk memberi sinyal pada sampel dan pengukuran kecil<sup>8</sup>. Rekonstruksi sinyal dengan sejumlah kecil sampel memungkinkan pada CS<sup>9</sup>. Pengolahan sinyal yang dilakukan di domain CS memiliki kinerja yang sangat dekat dengan domain aslinya. Ada 2 proses teori *compressive sampling* pada sinyal atau citra yaitu proses akuisisi CS yang menjelaskan pembangkitan vektor pengukuran linier dan kedua adalah proses pemulihan CS yang menggambarkan pemulihan koefisien transformasi  $x$  dari vektor pengukuran linier  $y$ . Kemudian teori *compressive sampling* dapat diwakili sebagai berikut<sup>3</sup>:

$$y = A \times x \dots \dots \dots (5)$$

$$y = A \times \Psi \times f \dots \dots \dots (6)$$

$y$  = vektor pengukuran linier dari sinyal atau gambar,  $A$  = matriks pengukuran hanya untuk *embedder* dan decoder.  $\Psi$  = basis matriks atau ortonormal, dan  $f$  = sinyal atau gambar asli<sup>6</sup>.

Mengingat bahwa  $x$  adalah  $k$ -sparse dimana  $k$  adalah  $n$  koefisien yang berbeda dari nol, dapat memulihkan  $x$  dengan memecahkan masalah optimasi berikut <sup>10</sup>:

$$\min \|x\| \text{ s.t. } y = Ax_1 \dots \dots \dots (7)$$

Paradigma *compressive sampling* menggunakan matriks pengukuran *Restricted Isometry Property* (RIP) maka program linier berikut ini memberikan rekonstruksi yang akurat:

$$\min \|x\|_1 \text{ s.t. } y = Ax \dots \dots \dots (8)$$

Asumsikan  $\Psi \in R^n \times n$  menunjukkan matriks ortonormal, yang kolomnya adalah vektor basis. Misalkan  $x = \Psi\alpha$ , dimana  $\alpha$  adalah vektor  $k$ -sparse dengan pengukuran  $y = Ax$ , sinyal  $x$  dapat direkonstruksi dengan memecahkan masalah berikut:

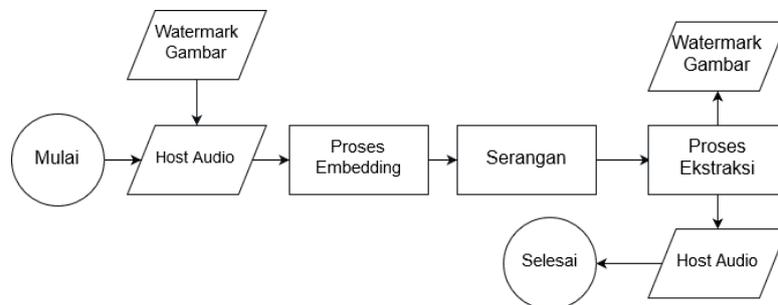
$$\min \|\alpha\|_1 \text{ s.t. } y = A\Psi\alpha \dots \dots \dots (9)$$

Diketahui pengukuran *noise*  $y = Ax + z$ , di mana  $z$  adalah noise yang dibatasi norma yaitu  $\|z\|_2 \leq \epsilon$ . Sebuah perkiraan dari sinyal asli  $x$  dapat diperoleh dengan memecahkan masalah yang dimodifikasi:

$$\text{Min} \|\alpha\|_1 \text{ s.t. } \|y - A\Psi\alpha\|_2 \leq \epsilon \dots \dots \dots (10)$$

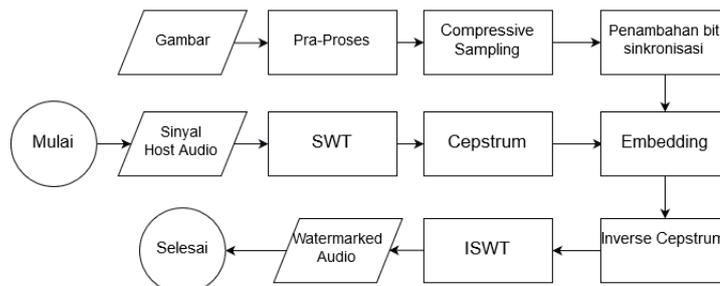
### 3. Perancangan Sistem

Perancangan sistem audio watermarking terbagi menjadi dua proses, yaitu proses embedding dan proses ekstraksi watermark. Desain sistem audio watermarking ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. Sistem Audio watermarking

#### 3.1 Proses *Embedding*

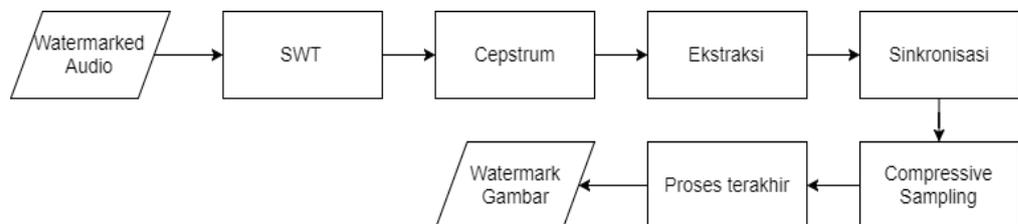


Gambar 5. Diagram blok proses *Embedding*

Beberapa tahapan pada proses *Embedding* berdasarkan diagram blok diatas yaitu yaitu:

- Langkah 1: Memilih audio sebagai *host* untuk menyisipkan informasi
- Langkah2: Selanjutnya pada proses SWT, *host* audio akan memilih 2 daerah proses penyisipan yaitu pada domain rendah (LPF) atau pada domain tinggi (HPF), dimana pemilihan ini dilakukan sampai level tertentu. Mengingat perhitungan menggunakan persamaan (1).
- Langkah 3: Proses Cepstrum dilakukan, sebuah sinyal pada domain waktu  $x(n)$  diubah menjadi domain frekuensi  $x(\omega)$  sampai  $x(n)$  pada persamaan. Sehingga dilakukan absolut dan logarithmic yang merupakan proses terjadinya *invers* FFT yang mengubah domain frekuensi tadi menjadi ke domain waktu kembali (domain ceptsrum).
- Langkah 4: Sebelum proses embedding dilakukan pre-proses data *watermark* seperti logo watermark gambar dalam bentuk sinyal berubah menjadi 1 dimensi.
- Langkah 5: Lalu masuk ke proses Compressive Sampling. Proses ini dibagi menjadi pengkodean dan kompresi CS.
- Langkah 6: Proses penambahan bit *header* dilakukan sebelum proses *embedding*.
- Langkah 7: Pada proses *embedding*, penyisipan *watermark* dilakukan dengan metode *Statitical Mean Manipulation* (SMM) dan *host* audio dalam domain cepstrum.
- Langkah 8: Setelah proses tersebut, maka dilakukan *invers* cepstrum dari audio yg sudah disisipkan dan *invers* SWT pada persamaan (2).
- Langkah 9: Akhirnya, terdapat audio yang disebut watermarked audio  $x((n))$  lalu hitung Bit Error Rate (BER) dari  $x((n))$

### 3.2 Proses Deteksi/Ekstraksi



Gambar 6. Diagram blok proses *Extraction*

Beberapa tahapan pada proses Ekstraksi yaitu:

- Langkah 1: Baca file audio watermark  $x(n)$
- Langkah 2: Pada transformasi SWT, frekuensi dibagi menjadi beberapa subband untuk proses ekstraksi *watermark*
- Langkah 3: Melakukan proses Cepstrum yang mengubah domain Cepstrum ke domain waktu.
- Langkah 4: Proses *Ekstraksi* dilakukan dengan menggunakan metode *Statitical Mean Manipulation* (SMM).
- Langkah 5: Tahapan berikutnya dilakukan sinkronisasi *watermark*.
- Langkah 6: Kemudian dilanjutkan proses rekontruksi *Compressive Sampling*
- Langkah 7: Proses terakhir adalah melakukan perubahan citra berupa sinyal 1 dimensi menjadi sinyal 2 dimensi

#### 4. Simpulan

Dalam makalah ini kami mengusulkan skema sistem audio watermarking dengan menggunakan gabungan metode SWT-Cepstrum-CS dengan sinkronisasi. Berdasarkan penjelasan diatas, hasil penelitian ini mampu menghasilkan watermark yang memiliki nilai *robustness* dan *imperceptibility* yang tinggi. Parameter yang digunakan untuk mengukuar kualitas yaitu ODG yang diharapkan bernilai lebih dari -1, SNR mendekati 20 dB dan BER diharapkan maksimal >10%.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Sulistyawan, V. N., Studi, P., Teknik, S., Elektro, F. T. & Telkom, U. *OPTIMASI AUDIO WATERMARKING BERBASIS DWT DAN*. (2017).
- [2]. Pun, C. M. & Yuan, X. C. Robust segments detector for de-synchronization resilient audio watermarking. *IEEE Trans. Audio, Speech Lang. Process.* **21**, 2412–2424 (2013).
- [3]. Hsieh, C. T. & Tsou, P. Y. Blind cepstrum domain audio watermarking based on time energy features. *Int. Conf. Digit. Signal Process. DSP* **2**, 705–708 (2002).
- [4]. Zeng, W. A Novel Audio Watermarking Algorithm Based on Chirp Signal and Discrete Wavelet Transform. *2012 8th Int. Conf. Wirel. Commun. Netw. Mob. Comput.* 1–4 (2012).
- [5]. Lin, Y. & Lin, W. H. *Audio watermark: A comprehensive foundation using MATLAB. Audio Watermark: A Comprehensive Foundation Using MATLAB* (2015). doi:10.1007/978-3-319-07974-5
- [6]. Delong, C. U. I., Qirui, L., Guilan, Y. U. & Jianbin, X. Ltmk.
- [7]. TaMilano, P. DETECTION AND IDENTIFICATION OF SPARSE AUDIO TAMPERING USING DISTRIBUTED SOURCE CODING AND COMPRESSIVE SENSING TECHNIQUES Giorgio Prandi Marco Tagliasacchi Dipartimento di Elettronica e Informazione Giuseppe Valenzise Politecnico di Milano , Italy Augusto. *Audio* 2–5 (2008).
- [8]. Tang, X., Ma, Z., Niu, X. & Yang, Y. Compressive sensing-based audio semi-fragile zero-watermarking algorithm. *Chinese J. Electron.* **24**, 492–497 (2015).
- [9]. Patel, R. & Amin, J. D. Alpha Channel base Data Hiding using Compressive Sensing. 544–549 (2016).
- [10]. Valenzise, G., Prandi, G., Tagliasacchi, M. & Sarti, A. Identification of sparse audio tampering using distributed source coding and compressive sensing techniques. *Eurasip J. Image Video Process.* **2009**, 1–23 (2009).