

# Penyisipan Data Dengan Teknik Gabungan LWT-DST Dan *Compressive Sampling* Pada Steganografi Audio Stereo

Niken Salma Nabila<sup>1</sup>, Bambang Hidayat<sup>2</sup>, Gelar Budiman<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Telkom University

Jl. Telekomunikasi No. 1, 0222 7564 108

nnsabilaa@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstrak** – Proses *embedding* dalam steganografi audio stereo didefinisikan sebagai penyembunyian informasi dalam *host audio stereo* yang menghasilkan *stego audio*. Dalam jurnal ini, LWT-DST pada steganografi audio stereo diproses dengan menggunakan akuisisi *Compressive Sampling* (CS). Pertama, dilakukan teknik *Lifting Wavelet Transform* (LWT) pada *host audio*. Lalu, kita pilih satu sub-band dari hasil proses sebelumnya yang akan dilakukan teknik *Discrete Sine Transform* (DST) untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke domain frekuensi. Sebelum proses penyisipan, akuisisi *Compressive Sampling* (CS) diaplikasikan pada pesan rahasia. Menurut penggunaan teknik gabungan tersebut diharapkan transparansi bisa menjadi baik dengan SNR > 25, ODG > -1, dan BER 5%.

**Kata kunci:** *Steganografi Audio Stereo, Lifting Wavelet Transform, Discrete Sine Transform, Compressive Sampling*

## 1. Pendahuluan

Dalam era digital, perkembangan informasi teknologi dan internet berkembang sangat pesat. Hal itu membuat penyebaran data atau informasi semakin mudah. Dalam kasus ini, keamanan data dan informasi harus diamankan dari pihak asing atau *attacker*. Penyisipan data dengan teknik gabungan LWT-DST merupakan salah satu solusi dari kasus tersebut.

Dalam [1] *Lifting Wavelet Transform* merupakan algoritma yang lebih baik daripada classic wavelet transform. Metode ini memiliki ketahanan yang baik terhadap serangan dalam pemrosesan sinyal secara umum. Selain itu, metode ini lebih tahan dari *synchronous attack* seperti TSM. Selanjutnya, dalam [2] [3] menunjukkan nilai NC yang baik. Dalam [2] merepresentasikan bahwa metode LWT dapat memproteksi hak cipta dari produk digital. Sedangkan berdasarkan riset dalam [3], ketahanan terhadap serangan dengan menggunakan DCT lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode LSB. DCT merupakan salah satu metode terbaik untuk *watermarking* digital dalam penelitian tersebut.

Transformasi Wavelet merupakan transformasi yang diadaptasi dari Transformasi Fourier yang mentransformasikan sinyal dari domain waktu ke domain waktu dengan beberapa sub-band. Algoritmanya tidak bersifat kompleks dan proses yang dialaminya cepat [4].

Algoritma dari *Discrete Sine Transform* (DST) sama dengan algoritma dari *Discrete Fourier Transform* (DFT) yang hanya menggunakan fungsi sin. DST bekerja dalam domain waktu diskrit dengan berbeda frekuensi dan amplitude dalam penjumlahan sinusoidal [5].

Selain itu, *Compressive Sampling* (CS) merupakan teknik untuk akuisisi data secara efisien. Dalam CS terdapat proses kompresi data. Karakteristik dari matriks CS yaitu *Restricted Isometry Property* (RIP) yang membuat ketahanan dalam CS. Di sisi lain, sinyal asli dibuat jarang agar memudahkan proses pengompresian [6].

Berdasarkan karakteristik dari algoritma LWT dan DST yang memiliki keunggulan, dalam jurnal ini mencoba menggabungkan LWT dan DST untuk proses transformasi dan CS

digunakan untuk proses penyisipan. Jadi, diharapkan mendapatkan performansi yang baik yang diukur dalam SNR, ODG, MOS, dan BER.

Dalam jurnal ini, kita mendesain LWT-DST pada steganografi audio stereo. Pertama, host audio melakukan transformasi dengan metode LWT dan DST. Kedua, host audio tersebut akan disisipkan pesan rahasia yang telah ditambah akuisisi CS dan bit sinkronisasi. Ketiga, host audio tersebut diinverskan dengan ILWT dan IDST yang menghasilkan stego audio. Stego audio lalu ditransformasikan kembali dengan LWT dan DST serta mengalami proses rekonstruksi CS. Hasil dari proses tersebut yaitu pesan rahasia.

Struktur penulisan dari jurnal ini yaitu Bagian II berisi untuk mengenalkan metode LWT-DST dan CS. Bagian III merepresentasikan dari model steganografi audio stereo. Hasil dan analisis ditunjukkan pada Bagian IV. Terakhir, Bagian V menunjukkan kesimpulan dari jurnal ini.

## 2. Metode Penelitian

Bagian ini mendeskripsikan metode dasar yang digunakan dalam steganografi audio stereo dalam jurnal ini yaitu LWT, DST, dan CS serta bagaimana metode tersebut bekerja.

### 2.1. Lifting Wavelet Transform

Seperti kita ketahui bahwa transformasi wavelet dan *Discrete Sine Transform* sangat berkembang dalam pengolahan sinyal [7]. *Lifting Wavelet Transform*, generasi kedua dari transformasi wavelet, terdapat tiga langkah dalam pemrosesannya.

#### a. Split

*Split* merupakan proses pembagian sinyal ( $s_j = \{s_j, k\}$ ) dalam dua bagian, bagian ganjil ( $o_{j-1}$ ) dan bagian genap ( $e_{j-1}$ ). Bagian yang terbagi merupakan dua titik potong bagian dari sub-koleksi sinyal. Panjang dari tiap sub-koleksi sinyal yaitu setengah dari panjang aslinya. Bagian tersebut biasanya dibagi kedalam:

$$\text{Split}(s_j) = (e_{j-1}, o_{j-1}) \cdot (e_{j-1}) = \{e_{j-1} = s_{j,2k}\} \quad (2.1)$$

$$\text{Split}(s_j) = (e_{j-1}, o_{j-1}) \cdot (o_{j-1}) = \{o_{j-1,k} = s_{j,2k+1}\} \quad (2.2)$$

#### b. Prediction

Langkah kedua disebut dengan *prediction*. *Prediction* digunakan dengan korelasi antara bagian genap dan bagian ganjil, menggunakan salah satu bagian (biasanya bagian genap) untuk memprediksi bagian yang lain (bagian ganjil). Diferensial dari koleksi data  $d_{j-1}$  mengandung sub-set asli  $o_{j-1}$ . Jadi, persamaan dari *prediction* yaitu:

$$d_{j-1} = o_{j-1} - p(e_{j-1}) \quad (2.3)$$

Dimana operator  $p$  menunjukkan fungsi antisipasi  $p_k$ .

#### c. Update

Langkah terakhir yaitu *update*. untuk menjaga karakteristik umum dari data asli setelah langkah pertama (*split*) dibutuhkan proses yang baru. Jika memilih LWT dengan frekuensi rendah untuk menyisipkan watermark atau pesan rahasia, metode ini dapat menjamin ketahanan dari data informasi, tetapi metode ini mempunyai kelemahan dalam hal kerahasiaan data yang dapat berakibat kepada *carrier* audio. Jika memilih frekuensi tinggi dalam LWT, maka kerahasiaan akan terjamin tetapi ketahanan yang dimiliki akan lebih buruk [4].

### 2.2. Discrete Sine Transform

*Discrete Sine Transform* (DST) merupakan transformasi diskrit terbatas yang secara mendasar menunjukkan fungsi domain waktu diskrit atau sinyal dalam penjumlahan dari sinusoidal dengan frekuensi dan amplitud yang bervariasi [8].

Transformasi ini digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial dengan metode spectral dalam matematika, dan untuk pengolahan sinyal dalam pengolahan citra dan pengolahan sinyal bicara. Metode ini dapat pula digunakan untuk mengestimasi batas performansi dalam permasalahan pengolahan citra [9]. Fungsi transformasi dan inversnya (DST dan IDST) akan ditunjukkan dalam persamaan yang didapat di [5].

*Discrete Sine Transform* (DST) didefinisikan sebagai  $X(k)$ , merupakan suatu dimensi sinyal atau fungsi  $x(n)$ , dengan  $0 \leq n \leq N - 1$ , persamaannya yaitu:

$$X(k) = DST [x(n)] \triangleq \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin \left[ \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1} \right] \quad (2.4)$$

dimana  $0 \leq n, k \leq N - 1$ .

Invers dari *Discrete Sine Transform* (IDST) didefinisikan sebagai  $x(n)$ , persamaannya yaitu:

$$x(n) = IDST [X(k)] = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \sin \left[ \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1} \right] \quad (2.5)$$

dimana  $0 \leq n \leq N - 1$ .

### 2.3. Compressive Sampling

Dalam artikel ini, teori dari *compressive sampling*, disebut juga dengan *compressed sensing* atau *sampling*. Teori CS menegaskan bahwa dapat memulihkan suatu sinyal dan citra dari jauh lebih sedikit sampel atau pengukuran daripada menggunakan metode tradisional [6].

CS memiliki rumus, dimana sebuah vektor  $x \in R^n$  dari data.

$$y = Ax + z \quad (2.6)$$

dimana  $A$  merupakan  $m \times n$  “*sensing matrix*” memberikan kita informasi mengenai  $x$ , dan  $z$  merupakan stokastik. Bagian akhir dari bentuk ini yaitu dengan persamaan:

$$f = \psi x \text{ and } y = R \phi f \quad (2.7)$$

dimana basis  $\psi$  merupakan S-sparse.  $R$  merupakan matriks  $m \times n$  yang mengekstraksi sampel koordinat dalam  $M$ , dapat ditulis  $y = Ax$ , dimana  $A = R \phi \psi$ .

CS bergantung pada dua prinsip yaitu *sparsity* dan *incoherence*. *Sparsity* berkenaan dengan sinyal dan *incoherence* berkenaan dengan *sensing modality*.

#### a. Sparsity

*Sparsity* merupakan model non linier yang besar, karena pilihan elemen yang digunakan dapat mengubah dari sinyal ke sinyal [10].

Banyak sinyal dasar memiliki representasi yang singkat ketika dinyatakan dalam basis yang mudah. Berdasarkan matematika, kita memiliki vektor  $f \in R^n$  yang kita perluas dalam basis orthogonal (seperti wavelet basis)  $[\psi_1 \psi_2 \dots \psi_3]$  seperti sebagai berikut.

$$f(t) = \sum_{i=1}^n x_i \psi_i(t) \quad (2.8)$$

dimana  $x$  yaitu koefisien sekuensial dari  $f, x_i = (f, \psi_i)$ . Akan mudah untuk menyartakan  $f$  sebagai  $\psi x$  (dimana  $\psi$  merupakan matriks  $n \times n$  dengan with  $\psi_1, \dots, \psi_n$  sebagai kolom). Fungsi dari *sparsity* yaitu salah satunya dapat menyingkirkan koefisien kecil tanpa banyak perseptual *loss* ketika sinyal memiliki ekspansi *sparse*. Secara mendasar,  $f_s(t)$  diperoleh dalam  $S$  nilai terbesar dari  $(x_i)$  dalam proses ekspansi.

b. *Incoherence*

Kita mempunyai sepasang  $(\phi, \psi)$  dari basis orthogonal dari  $R^n$ . Basis pertama  $\phi$  digunakan untuk menangkap objek  $f$  dan basis kedua digunakan untuk merepresentasikan  $f$ .

$$\mu(\phi, \psi) = \sqrt{n} \max_{1 \leq k, j \leq n} |(\phi_k, \psi_j)| \tag{2.9}$$

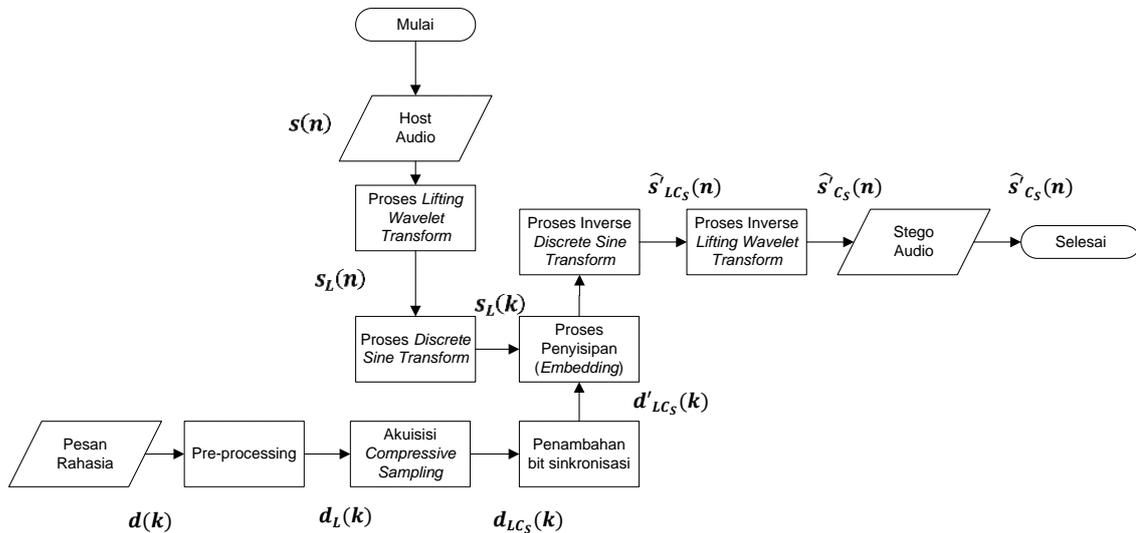
Jika  $\phi$  dan  $\psi$  mengandung elemen yang berkorelasi. Seberapa besar dan kecil koheren mengikuti dari aljabar linier  $\mu(\phi, \psi) \in [1, \sqrt{n}]$ .

3. Hasil dan Analisis

Jurnal ini bertujuan untuk mendesain steganografi audio stereo LWT-DST dengan CS dan performansi yang dihasilkan baik dalam ketahanan terhadap serangan, *imperceptibility*, dan *fidelity*.

3.1. Proses Penyisipan di Sisi Pengirim

Proses penyisipan merupakan proses disisipkannya host audio pada sisi pengirim.. Proses ini diakhiri dengan menggabungkan teknik LWT-DST antara pesan rahasia dengan dengan host audio.



Gambar 1. Proses Penyisipan

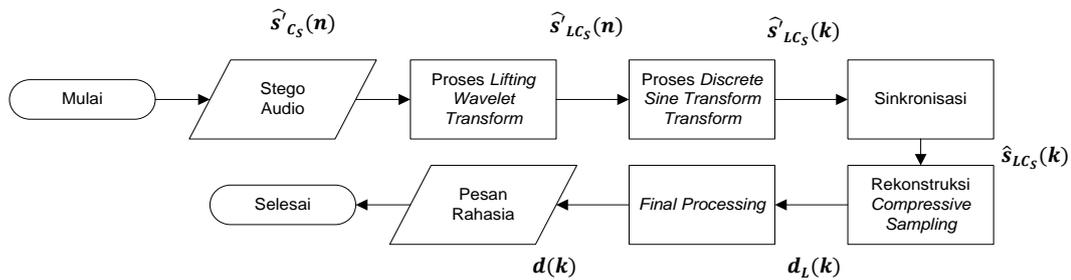
Gambar 1 merepresentasikan proses penyisipan pada sisi pengirim. Rincian dari proses penyisipan sebagai berikut.

- Langkah 1. Baca host audio  $s(n)$  dari direktori.
- Langkah 2. Aplikasikan proses LWT pada host audio  $s(n)$  sehingga menghasilkan beberapa sub-band. LWT digunakan untuk mentransformasikan host audio dari domain waktu ke domain waktu dengan menghasilkan beberapa sub-band. Dari beberapa sub-band tersebut, tentukan satu sub-band untuk menyisipkan pesan rahasia. Proses ini menghasilkan  $s_L(n)$ .
- Langkah 3. Lakukan proses DST pada  $s_L(n)$  kemudian menghasilkan  $s_L(k)$ . DST digunakan untuk mentransformasikan host audio dari domain waktu ke domain frekuensi.
- Langkah 4. Dengan melakukan *pre-processing* pada pesan rahasia  $d(k)$ , maka pesan rahasia akan diubah dari format data .txt menjadi kode dalam bit-bit, sehingga dimensinya sama dengan host audio  $s(n)$ . Hasil dari *pre-processing* pesan rahasia  $d(k)$  yaitu  $d_L(k)$ .

- Langkah 5. Lakukan akuisisi CS pada host audio yang telah di-*pre-processing*  $d_L(k)$ . Hasil dari langkah ini yaitu  $d_{LC_S}(k)$ .
- Langkah 6. Tambah bit sinkronisasi pada  $d_{LC_S}(k)$ , maka menghasilkan  $d'_{LC_S}(k)$ .
- Langkah 7. Sisipkan  $d'_{LC_S}(k)$  pada  $s_L(k)$ .
- Langkah 8. Lakukan proses IDST dan ILWT untuk memperoleh hasil dari proses penyisipan. Proses tersebut menghasilkan stego audio  $\hat{s}_{C_S}(n)$ .

**3.2. Proses Ekstraksi di Sisi Penerima**

Proses ekstraksi bertujuan untuk mengambil watermark dari suatu informasi atau data yang telah dikirim ke penerima.



Gambar 2. Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi pada sisi penerima dapat dilihat dalam Gambar 2. Gambar tersebut menerangkan proses dari Langkah-langkah proses ekstraksi adalah sebagai berikut.

- Langkah 1. Stego audio  $\hat{s}_{C_S}(n)$  terdeteksi pada sisi penerima.
- Langkah 2. Aplikasikan proses LWT pada stego audio  $\hat{s}_{C_S}(n)$  yang akan menghasilkan beberapa sub-band. Kita pilih satu sub-band dari sub-band yang ada  $\hat{s}_{LC_S}(n)$ .
- Langkah 3. Aplikasikan DST pada  $\hat{s}_{LC_S}(n)$  sehingga menghasilkan  $\hat{s}_{LC_S}(k)$ .
- Langkah 4. Lakukan proses sinkronisasi dan lepas bit sinkronisasi dari  $\hat{s}_{LC_S}(k)$ . Hasil dari langkah ini yaitu  $\hat{s}_{LC_S}(k)$
- Langkah 5. Lakukan rekonstruksi CS pada  $\hat{s}_{LC_S}(k)$ . Langkah ini disebut dengan proses ekstraksi. Hasil dari proses ini yaitu  $d_L(k)$ .
- Langkah 6. Lakukan pemrosesan akhir dan akan diperoleh hasilnya yaitu  $d(k)$ .

**3.3. Evaluasi Performansi**

Evaluasi performansi terdiri dari tes ketahanan terhadap serangan dan tes *imperceptibility*. Tes ketahanan kita dapat mendapatkan nilai *Bit Error Rate* (BER). Selanjutnya, tes *imperceptibility* memuat analisis objektif dan analisis subjektif. Dari analisis analisis objektif, kita dapat memperoleh nilai *Signal to Noise* (SNR) dan *Objective Different Grade* (ODG).

**3.3.1. Signal to Noise Ratio (SNR)**

*Signal to Noise Ratio* (SNR) adalah nilai noise pada audio yang telah disisipi pesan rahasia. SNR yang baik mempunyai nilai > 20 dB. Berikut persamaan SNR [11].

$$SNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{\sum_{i=0}^{N-1} f^2(n)}{\sum_{i=0}^{N-1} (g(n) - f(n))^2} \right] \tag{2.10}$$

### 3.3.2. Objective Different Grade (ODG)

*Objective Different Grade* (ODG) merupakan parameter pengukuran objektif yang dihitung berdasarkan teknik perhitungan *Perceptual Evaluation of Audio Quality* (PEAQ). Nilai ODG dapat dihitung berdasarkan tanggapan dari kualitas audio yang disebutkan dalam standar ITU-R BS 1387-1. Penilaian ODG berkisar dari 0 hingga -4 seperti pada Tabel 1 [11].

Tabel 1. Skala ODG/PEAQ

ODG	Penilaian
0	Tidak terdengar
-1	Terdengar tetapi tidak mengganggu
-2	Sedikit mengganggu
-3	Mengganggu
-4	Sangat mengganggu

### 3.3.3. Bit Error Rate (BER)

*Bit Error Rate* (BER) merupakan parameter yang menunjukkan baik tidaknya steganografi dan ekstraksi yang telah dibuat. Cara menghitungnya yaitu dengan menghitung jumlah bit yang salah dari hasil yang diekstraksi dengan bit total dari sebelum dilakukan penyisipan. Nilai yang ideal bagi BER yaitu minimum 5%. Pehitungan BER dapat ditunjukkan dalam [11]:

$$BER = \frac{\sum \text{Bit Salah}}{\sum \text{Bit Total}} \quad (2.11)$$

### 3.3.4. Mean Opinion Score (MOS)

Disamping itu, dari analisis subjektif kita dapat memperoleh hasil dari *Mean Opinion Score* (MOS) dari responden. MOS dinyatakan dengan nilai dari skala 1 hingga 5. Sesuai dengan namanya, MOS diukur berdasarkan penilaian indera penglihatan manusia dan penilaian tergantung pada masing-masing responden.

## 3.4. Analisa

Dalam jurnal ini kita mendesain *Lifting Wavelet Transform-Discrete Sine Transform* pada steganografi audio stereo dengan *Compressive Sampling* dan performasi yang diharapkan menghasilkan hasil yang baik dalam ketahanan, *imperceptibility*, dan *fidelity*.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan diatas, hasil penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan SNR > 25, ODG > -1, dan BER 5%. Penyisipan data dengan LWT-DST diharapkan pula dapat menghasilkan performasi audio stereo yang baik, seperti *fidelity*, dan *imperceptibility* yang baik.

## Daftar Pustaka

- [1] Tao, Z., Zhao, H., Wu, J., Gu, J., Xu, Y., & Wu, D. A Lifting Wavelet Domain Audio Watermarking Algorithm Based on the Statistical Characteristics of Sub-Band Coefficients. *Archives of Acoustics*, 35(4), 481–491. 2010.
- [2] Xuesongl, C., Haiman, C., & Fenglee, W. A Dual Digital Audio Watermarking Algorithm Based on LWT, (Mic), 721–725. 2012.
- [3] Aparna J R, & Ayyappan, S. Comparison of digital watermarking techniques. *International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC)*, 87–92. 2014.

- 
- [4] Xuesongl, Chen, Haiman, Chen, Fenglee, Wang. A Dual Digital Audio Watermarking Algorithm Based on LWT. International Conference on Measurement, Information and Control (MIC). Mic: 721-725. 2012.
  - [5] Madhukar, B. N., Sanjay J. A Duality Theorem for the Discrete Sine Transform (DST). International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology (iCATccT). 2015.
  - [6] Candès, E. J, Wakin, M B. An Introduction to Compressive Sampling. IEEE Signal Processing Magazine. 2008.
  - [7] Bo Wu. Research of Audio Information Hiding System Based on Chaos and Lifting Wavelet Transform. SiChuan: 2009.
  - [8] K. R. Rao, and P. Yip, “Discrete Cosine Transform – Algorithms, Advantages, and Applications,” 1st Edition, Academic Press, Inc, San Diego, 1990.
  - [9] Anil. K. Jain, “Fundamentals of Digital Image Processing”, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, 1989.
  - [10] Davenport, M. a, Duarte, M. F. M., Eldar, Y. C. Y., & Kutyniok, G. Introduction to compressed sensing. Preprint, 93, 1–68. 2011.
  - [11] X. W. X. Wen, X. D. X. Ding, J. L. J. Li, L. G. L. Gao, and H. S. H. Sun, “An Audio Watermarking Algorithm Based on Fast Fourier Transform”, Int. Conf. Inf. Manag. Innov. Manag. Ind. Eng., vol. 1, pp. 363–366, 2009.