ANALISIS DIGITAL AUDIO WATERMARKING BERBASIS *LIFTING WAVELET TRANSFORM* PADA DOMAIN FREKUENSI DENGAN METODE *SPREAD SPECTRUM*

Agung Satrio Wibowo[1)], Agung Suryahadiningrat Kusumanegara[2)] Gelar Budiman[3)]

[1),2),3)]Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi no. 1, Buah Batu, Bandung, Jawa Barat
Email : agungsatriow@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak. *Di era digital ini, penyebaran informasi dan data digital di internet sangat luas dan banyak terjadi pelanggaran hak cipta (copyright) terutama paling banyak terjadi pada file audio berupa lagu. Salah satu teknik yang sering digunakan untuk melindungi suatu hak cipta data digital adalah teknik watermarking. Prinsip dasar dari watermarking ini adalah dengan menyisipkan sedikit informasi yang berupa copyright pada data digital tanpa mempengaruhi kualitasnya dan tahan terhadap berbagai serangan. Pada paper ini akan dilakukan analisis dari implementasi teknik watermarking audio dengan menggabungkan beberapa metode yaitu Lifting Wavelet Transform (LWT), Fast Fourier Transform (FFT), Spread Spectrum (SS). Diharapakan dari hasil yang di lakaukan oleh metode – metode tersebut mampu menghasilkan watermarked audio yang tahan terhadap serangan dan memiliki kualitas audio watermarked yang baik. Kualitas audio watermark yang baik dapat dilihat dari nilai Objective Difference Grade (ODG) yang mendekati 0 dan Signal Noise Ratio (SNR) di atas 20. Selain itu, ketahanan data watermark dapat dilihat dari nilai Bit Error Rate (BER) yang mendekati 0.*

***Kata kunci**: Lifting Wavelet Transfrom, Spread Spectrum, Fast Fourier Transform*

1. Pendahuluan

Watermarking merupakan aplikasi dari steganografi, namun terdapat perbedaan di antara keduanya. Pada steganografi, media penampung tidak berarti apapun. Sedangkan pada *watermarking*, media penampung tersebut dilindungi kepemilikannya dengan pemberian label hak cipta (*watermark*). Lebih jauh lagi, *watermarking* berguna untuk membuktikan kepemilikan, *copyright protection*, otentikasi, *fingerprinting*, *tamper profing*, *distribution tracing*, dan sebagainya [1]. Selain melindungi media penampung, pada *watermarking* kekokohan (*robustness*) *watermark* menjadi kriteria utama, tidak seperti pada steganografi [1].

Kekokohan ini menjadi perhatian utama karena *watermark* tidak boleh hilang atau rusak meskipun media penampung dimanipulasi. *Watermarking* membutuhkan dua properti, yaitu pesan dan media penampung. Media penampung yang umumnya digunakan sekarang dapat berupa teks, suara, gambar, atau video. Sedangkan pesan yang disembunyikan dapat berupa teks, gambar, atau pesan lainnya. [2].
Untuk itu, selain memiliki kriteria yang di miliki oleh steganografi, *watermarking* harus juga memiliki kriteria sebagai berikut : [3] [4]

1. *Key uniqueness*: Kunci yang berbeda seharusnya menghasilkan *watermark* yang berbeda pula. Ini berarti penggunaan kunci yang salah menyebabkan hasil ekstraksi atau deteksi *watermark* yang salah pula.
2. *Unambiguous*: Ekstraksi *watermark* harus dapat mengidentifikasi pemilik produk digital tanpa adanya ambiguitas. Lebih jauh lagi, akurasi identifikasi pemilik ini harus dapat bertahan terhadap serangan yang bermaksud merusak *watermark*.
3. *Non-invertibility*: Secara komputasi, sangat sukar untuk menemukan atau mendapatkan *watermark* bila hanya diketahui produk ber-*watermark* saja.
4. *Robustness*: *Watermark* haruslah sulit (diharapkan mustahil) untuk di hilangkan dan tahan terhadap segala serangan.

2. Pembahasan

Pada penelitian yang dilakukan di [4], telah disebutkan bahwa *watermarking* yang efektif harus memenuhi kriteria seperti: *Key Uniqueness* (*watermark* harus menggunakan kunci yang berbeda dari

watermark yang lain, *Unambigous* (*watermark* harus dapat mengidentifikasi pemilik atau *host* tanpa adanya abiguitas) dan *Robustness* (ketahanan *watermark* terhadap berbagai serangan). Penelitian [2] mengimplementasikan metode *Spread Spectrum* pada domain frekuensi dengan *Fast Fourier Transform*. Pengujian dilakukan dengan melihat nilai *Bit Error Rate* (BER) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Ternyata, hasil performansi SS-FFT menghasilkan banyak kelebihan diantaranya *key* yang unik mampu menjaga kualitas *watermark* terhadap serangan, kelebihan metode *spread spectrum* di metode ini yaitu tidak memerlukan *database* dari semua *watermark* yang telah disisipakan pada setiap *host* yang akan di ekstrak dengan *key* karena metode ini mengsinkronisasi antara *key* dengan *embedded watermark* secara otomatis.

Sedangkan pada penilitian yang dilakukan di [5], dengan mengimplementasikan kombinasi antara metode *Lifting Wavelet Transform* dan *Discrete Cosine Transform* menghasilkan nilai PSNR yang bagus karena sistem *watermarking* yang digunakan adalah *blind watermarking* dimana tidak membutuhkan *host* untuk ekstraksi data *watermark* sehingga efisiensi pada sistem dan membantu mendapatkan hasil yang optimal.

Berikut ini adalah metode – metode yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan *paper* ini:

a. *Lifting Wavelet Transform*
   Lifting Wavelet Transform (LWT) adalah salah satu bagian dari DWT yang dikenalkan oleh Wim Sweldens. LWT disebut sebagai generasi kedua DWT. LWT memerlukan tiga tahapan untuk pelaksanaannya, yaitu: *split*, *predict* dan *update* [5]. Dalam metode ini, dekomposisi citra asli menghasilkan empat band data, seperti koefisien pendekatan matriks (LL) dengan matriks HL, LH, HH, sedangkan pada dekomposisi audio hanya akan menghasilkan *low pass coefficients* (L) dan *high pass coefficients* (H) [6
b. *Spread Spectrum*
   Metode ini diperkenalkan oleh Ingemar J. Cox dan kawan kawan. *Metode spread spectrum* ini memanfaatkan domain frekuensi dari suatu citra digital. Langkah yang pertama kali dilakukan dalam *watermarking* dengan metode *spread spectrum* ini adalah mentransformasikan citra ke domain frekuensi. Selanjutnya, bit *watermark* disipkan pada koefisien transformasi (dalam topik ini transformasi di lakukan dengan *Fast Fourier Transform*). Teknik *watermarking* dengan metode *spread spectrum* ini dapat dianalogikan dengan komunikasi *spread spectrum*, yaitu data *watermark* disebar di antara banyak komponen frekuensi. Secara umum, watermarking dengan metode spread spectrum ini menghasilkan *watermark* yang lebih kokoh terhadap serangan, seperti kompresi, *cropping*, dan teknik *editing* umum lainnya [4].
c. *Fast Fourier Transform*
   Prinsip dasar FFT adalah menguraikan penghitungan *N*-titik DFT menjadi penghitungan DFT dengan ukuran yang lebih kecil dan memanfaatkan periodisitas dan simetri dari bilangan kompleks. Algoritma DFT standar tidak bagus jika digunakan pada citra berukuran besar, karena proses komputasinya memakan waktu yang lama. Untuk mempercepat proses transformasi, digunakan algoritma FFT. Algoritma ini sangat cepat mengerjakan matriks yang berukuran besar. Perbedaan kompleksitas waktu DFT dengan FFT adalah O (N2): O (N2 log N). Dengan FFT proses komputasi biasa direduksi dari N2 menjadi N log2N. Misalnya dengan menggunakan DFT kita akan melakukan transformasi sebanyak N=1024 titik, maka kita memerlukan perkalian sebanyak N2 = 1.048.567. Sedangkan dengan menggunakan FFT perkalian yang diperlukan sebanyak N log2N = 5120 perkalian [4].

2.1. Tabel

Penilaian objektif dilakukan dengan cara melakukan perhitungan terhadap beberapa parameter penilaian kualitas audio *watermark*. Parameter tersebut antara lain:

1. Bit Error Rate (BER)

BER merupakan parameter pengukuran objektif yang dipakai untuk mengukur ketepatan data hasil ekstraksi pesan tersembunyi yang disisipkan pada *file* audio. Nilai BER yang paling baik adalah 0, sedangkan nilai yang paling buruk adalah 1.

2. *Perceptual Evaluation of Audio Quality* (PEAQ)

PEAQ menyediakan akurasi dan estimasi penurunan kualitas audio yang terjadi secara berulang. PEAQ membandingkan sinyal audio asli dengan sinyal audio *output* pada persepsi dasar. PEAQ menggunakan *Objective Difference Grade* (ODG). ODG menggunakan skala -4 sampai 0, dimana -4 berarti *watermark* sangat mengganggu dan 0 berarti *watermark* tidak terdengar.

Tabel 1 *Objective Difference Grade* (ODG)

Index Nilai	Deskripsi
0	Tidak terdengar
-1.0	Terdengar, tapi tidak mengganggu
-2.0	Sedikit mengganggu
-3.0	Mengganggu
-4.0	Sangat mengganggu

Berikut ini adalah hasil dari analisis dengan metode yang digunakan pada penilitian penulis :

a. Pengaruh Ukuran Citra Watermark Terhadap Kualitas Audio Terwatermark

Tabel 2 Performansi *Host* Audio terhadap Ukuran Citra *Watermark*

No.	Ukuran Citra *Watermark*	ODG	SNR
	10x10	-0.8601	52.680
	20x20	-1.8615	51.890
	30x30	-2.0772	51.381
	40x40	-2.5570	51.051
	50x50	-2.5779	49.693

b. Pengaruh Ukuran Citra Terhadap Citra Watermark Hasil Ekstraksi

Tabel 3. Performansi Citra *Watermark* Hasil Ekstraksi terhadap Ukuran Citra

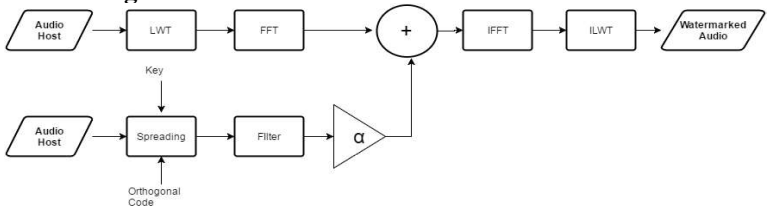
No	Ukuran Citra	BER	PSNR	SSIM
1	10x10	0,36	16.9897	0.95977
2	20x20	0.36	13.9794	0.91682
3	30x30	0.92	13.6554	0.88027
4	40x40	0.99	12.7763	0.83823
5	50x50	1	11,913	0,79443

c. Analisis Kualitas Citra Watermark Hasil Ekstraksi Terhadap Serangan

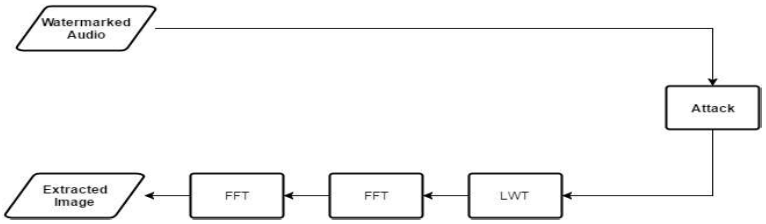
Tabel 4 Performansi Citra *Watermark* Hasil Ekstraksi terhadap Serangan

No	**Jenis Serangan**	**BER**	**PSNR**	**SSIM**
1	LPF	0.36	7.447	0.641
2	Stereo to Mono	0.56	8.537	0.719
3	Resampling	0.4	10	0.799

2.2. Gambar Dan Keterangan Gambar



Gambar 2.2.1. Proses Penyisipan Data *Watermark*



Gambar 2.2.2 Proses Serangan dan Ekstraksi Data *Watermark*

2.3. Persamaan

a. Lifting Wavelet Transform

Terdapat tiga tahap pada *Lifting Wavelet Transform* yaitu :

1. *Split*: Pada langkah ini, data dibagi menjadi elemen-elemen ganjil dan genap (*even & odd)*. Beriikut rumus untuk menentukan elemen ganjil dan genap pada fase *split* yaitu*:*
$$X_o = x[2n+1] \text{ dan } X_e = x[2n] \quad (1)$$
2. *Predict*: *predict* merupakan langkah menggunakan fungsi yang mendekati data *set*. Perbedaan antara pendekatan dan data aktual yaitu dengan menggantikan elemen ganjil dari kumpulan data. Bahkan elemen yang tersisa tidak berubah dan menjadi masukan untuk langkah berikutnya dalam transformasi. Pada langkah *predict*, nilai ganjil adalah menjadi elemen yang "diprediksi" dari nilai genap yang di jelaskan oleh persamaan sebagai berikut :
$$d[n] = X_o[n] - P\,(X_e[n]) \quad (2)$$
3. *Update*: *Update* merupakan langkah menggantikan elemen genap dengan rata-rata nilai. Hasil ini di masukan ke dalam input untuk langkah berikutnya pada transformasi *wavelet*. Elemen – elemen ganjil juga di tulis ulang di set data asli, yang memungkinkan filter akan di bentuk. Fase *Update* mengikuti fase *predict* dimana nilai – nilai asli dari elemen – elemen ganjil telah ditimpa oleh perbedaan antara elemen ganjil dengan elemen *predict*. Jadi dalam menghitung rata-rata fase *update,* harus beroperasi pada perbedaan yang di simpan dalam elemen ganjil. Berikut adalah rumus fase *update* dimana biasa disebut sebagai koefisien skala:
$$c[n] = X_e[n] + U(d[n]) \quad (3)$$

b. Spread Spectrum

Berikut rumus penyisipan (*embedding*) *watermark* pada domain *wavelet* adalah sebagai berikut :

$$B_k^N(i) = A_k^N(i) + \alpha(k).w(k).r(i) \quad (4)$$

c. Fast Fourier Transform

Berikut rumus perhitungan FFT :

$$X(j) = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} \hat{x}(k)_j W_N^{-jk} \quad (5)$$

Maka, DFT akan membutuhkan perhitungan sebanyak N^2, sedangkan dengan menggunakan FFT, perhitungan yang di lakukan hanya sebanyak $(N\ log_2 N)$.

3. Simpulan

Dari hasil penilitian ini dapat di tarik kesimpulan yaitu :

1. Performansi *host* audio sudah baik dan optimal karena nilai SNR sudah diatas nilai rata – rata yaitu 20 namun nilai ODG yang masih belum optimal terutama untuk citra ukuran mulai 30x30 sampai ukuran 50x50.
2. Performansi citra *watermark* hasil ekstraksi terhadap ukuran citra sudah menghasilkan nilai SSIM yang baik dimana nilai terbaik adalah 1 dan nilai PSNR yang cukup baik namun belum maksimal karena baru mendekati nilai 20 dan nilai BER yang masih buruk terutama untuk citra ukuran 30x30 sampai 50x50.

3. Performansi citra *watermark* hasil ekstraksi terhadap serangan lumayan baik untuk nilai BER dan SSIM, namun nilai PSNR sedikit buruk karena di bawah 10 dan dari hasil percobaan serangan, sistem paling tahan terhadap serangan jenis *resampling*.

Daftar Pustaka

[1]. G. Budiman, D. H. Shin and A. Suksmono, *A Multicarrier Modulation Audio Watermarking System*, in ICEEI 2015, Bali, 2015.

[2]. G. Budiman and L. Novamizanti, *"White Space Steganography on Text By Using Lzw-Huffman Double Compression, "* Telkom University, Bandung, 2015.

[3]. J. Ó Ruanaidh, WJ. Dowling and B. FM., *"Watermarking Digital Image For Copyright Protection,"* p. 2, 1995.

[4]. J. J., O. R. K. and S. Pereira, *"A Secure Robust Digital Image Watermark,"* Centre Universitaire d'Informatique, Geneva, 2010.

[5]. A. Tun and Y. Thein, *"Digital Image Watermarking Scheme Based on LWT and DCT,"* vol. V, no. 2, p. 1, 2013.

[6]. J. Patel and K. Pathak, "*Implementation of the 5/3 Lifting 2D Discrete Wavelet Transform*," vol. II, no. 3, pp. 1-2, 2014.

[7]. X. He, *Spread Spectrum for Digital Audio Watermarking*, Miami: Coral Gables, 2008.