

# AUDIO WATERMARKING DENGAN DISCRETE WAVELET TRANSFORM DAN HISTOGRAM MENGGUNAKAN OPTIMASI ALGORITMA GENETIKA

Vera Noviana Sulistyawan<sup>1)</sup>, Yohana Karina<sup>2)</sup>, Gelar Budiman<sup>3)</sup>

<sup>1),2),3)</sup> Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom  
Jalan Telekomunikasi No. 1, Sukapura, Bojongsong, Bandung, Jawa Barat 40257 Indonesia  
Email : veraraera@gmail.com

**Abstrak .** Bebasnya akses data melalui internet menyebabkan penyebarluasan secara ilegal dan distribusi suatu file menjadi tidak terkendali bagi pemilik sah file tersebut. Sehingga keluhan masalah file seseorang yang diakui orang lain tanpa bisa membuktikan apa-apa semakin meningkat. Oleh karena itu, berkembang suatu ilmu untuk melindungi hak cipta suatu file yang canggih, yaitu watermarking yang tidak dapat dilihat dan didengar indera tetapi terlihat dengan jelas oleh perangkat digital. Pada penelitian ini dirancang sistem audio watermarking dengan menggunakan metode Discrete Wavelet Transform dan Histogram. Pada penelitian ini, digunakan algoritma genetika untuk mengoptimalkan performa audio watermarking dilihat dari parameter BER. Hasil dari penelitian ini adalah ODG > -1, SNR > 30, dan BER yang mendekati 0. Audio watermarking yang diuji dengan serangan seperti low pass filter, noise, resampling, time scale modification, pitch shifting, stereo to mono dan speed change sebelum dioptimasi menghasilkan nilai BER < 0.4 dan setelah dioptimasi menghasilkan nilai BER < 0.07.

**Kata kunci:** Audio Watermarking, DWT, Histogram, Algen.

## 1. Pendahuluan

Kecanggihan teknologi semakin memudahkan kebutuhan manusia seperti dibutuhkannya proses penyisipan informasi rahasia (*watermarking*) adalah salah satu kunci dalam membuat suatu karya. Setiap orang tentu tidak ingin buah karyanya diklaim sembarangan oleh orang lain. Sehingga *watermarking* sangat dibutuhkan. Watermarking adalah proses menyisipkan informasi atau data pribadi atau rahasia ke dalam suatu *host* (audio, teks, gambar, video) sehingga tidak dapat dirasakan langsung oleh indera manusia. Watermarking ini berguna sebagai tanda hak kepemilikan (*copyright*) sehingga suatu file yang telah diberi watermarking tidak didapat diklaim secara sembarangan oleh pihak lain. Pada audio watermarking, bit-bit watermarking yang disisipkan memanfaatkan beberapa kekurangan pada pendengaran manusia sehingga watermarking tidak dapat didengar oleh manusia. Namun, watermarking seringkali diserang sehingga *copyright* pada audio tidak dapat terjaga dan peredaran suatu file audio secara ilegal tidak dapat dihindari. Serangan-serangan tersebut seperti *Time Scale Cropping* (TSM), *random cropping*, dan *low pass filtering*.

Berbagai macam penelitian telah mengulik cara-cara untuk memperkuat watermarking terhadap serangan. Teknik atau metode yang cukup sering digunakan adalah metode DWT dan memanipulasi histogram sedemikian rupa sehingga dapat tahan terhadap serangan. Oleh karena itu diperlukan suatu teknik penyisipan watermarking yang kuat sehingga watermarking dapat tahan terhadap berbagai macam serangan.

Xiaoming Zhang, Xiong Yin dan Zhaoyang Yu pada paper [1] yang memanfaatkan histogram dalam menghadapi *filtering* pada domain waktu. Xiamong Zhang dan tim mengkalkulasikan domain waktu pada audio sebelum dan sesudah diserang, dan berhasil memperoleh statistik invarian yang baik sehingga terbukti bahwa algoritma yang diteliti tahan terhadap serangan LPF dengan besar *bandwidth* yang disembunyikan mencapai 17 bit/detik.

Sedangkan Xiang dan Huang pada penelitian [5], mencoba memodifikasi histogram sehingga tahan terhadap serangan TSM dan *cropping*. Pada proses *embedded*, histogram diekstraksi dengan beberapa

*range* amplitudo sehingga ketahanan watermark terhadap pengecilan amplitudo (pada TSM) meningkat.

Pada paper ini, kami akan membuat watermarking pada audio dengan memanipulasi histogram sedemikian rupa dan dengan metode DWT (*Discrete Wavelet Transformation*). Selain itu, untuk lebih mengoptimalkan watermark yang telah disispkan, akan digunakan algoritma genetika. Algoritma genetika adalah salah satu algoritma *adaptive* yang biasa digunakan dalam mengatasi masalah optimasi, yang di mana prinsip kerjanya berdasarkan prinsip seleksi alam [6]. Dalam penerapan algoritma genetika [6] akan melibatkan dua operator yaitu operasi evolusi (proses seleksi) dan operasi genetika (pindah silang dan mutasi).

## 2. Pembahasan

Pada audio *watermarking* terdapat dua sistem penting, yaitu proses penyisipan (*embedding*) dan pengambilan informasi (*extraction*). Biasanya sinyal audio dianalisis didalam domain *short-time* karena sinyal audio bersifat non-stasioner dan diubah terhadap waktu. Oleh karena itu, proses penyisipan (*embedding*) dan pengambilan informasi (*extraction*) diterapkan di setiap *frame*. Proses optimasi menggunakan algoritma genetika berlangsung dari tahap awal hingga akhir. Bab ini akan membahas performasi jumlah bit yang disisipkan dan banyaknya frame yang digunakan. Kemudian analisis sistem audio watermarking untuk mengetahui ketahanan audio watermarking yang dibuat terhadap serangan *low pass filter*, *stereo to mono*, *noise*, *resampling*, *speed change*, *time scale modification*, *pitch shifting*, dan *cropping* menggunakan metode DWT dan histogram baik sebelum dan setelah dioptimasi menggunakan algoritma genetika. File audio yang digunakan dalam sistem *watermarking* ini adalah file \*.wav dengan kualitas suara yang rendah, nilai frekuensi *sampling* 44100 Hz, durasi 10 detik, dan *channel* suara mono.

### Pengaruh jumlah bit dan frame terhadap kinerja sistem audio watermarking

Sebelum pengujian menggunakan serangan, sistem *audio watermarking* terlebih dahulu diuji untuk mendapatkan parameter-parameter SNR, ODG, dan BER. Hasil pengujian yang didapat sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian jumlah bit dan frame terhadap nilai SNR, ODG, dan BER

| Jumlah Bit | Frame | SNR     | ODG     | BER |
|------------|-------|---------|---------|-----|
| 40         | 512   | 44.6569 | -0.4481 | 0   |
| 70         | 512   | 45.4377 | -0.4628 | 0   |
| 100        | 512   | 44.1812 | -0.4786 | 0   |
| 40         | 1024  | 45.2151 | -0.5047 | 0   |
| 70         | 1024  | 45.1252 | -0.5066 | 0   |
| 100        | 1024  | 42.4153 | -0.5737 | 0   |
| 40         | 2048  | 44.2140 | -0.5887 | 0   |
| 70         | 2048  | 43.6125 | -0.8063 | 0   |
| 100        | 2048  | 43.0474 | -0.5255 | 0   |

Dari pengujian pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa metode yang digunakan dalam membuat sistem audio watermarking ini sangat bagus karena nilai SNR > 40 dan nilai ODG > -1. Jika dilihat dari parameter SNR, maka hasil yang paling bagus adalah dengan menggunakan jumlah bit 70 dan frame 512 yang mencapai nilai SNR sebesar 45,4377.

### Ketahanan Watermark Terhadap Serangan

#### Ketahanan Watermark Terhadap Serangan LPF

Pada pengujian ini dilakukan dengan frekuensi *cut off* yang berbeda, yaitu 6000 Hz, 9000 Hz, dan 12000 Hz. Hasil pengujian dilihat dari parameter BER sebagai berikut:

Tabel 2. Pengaruh serangan LPF terhadap BER

| Jenis Audio | Frekuensi cut-off (Hz) | BER    |
|-------------|------------------------|--------|
| Aliran Rock | 6000                   | 0.2571 |
|             | 9000                   | 0.2143 |

|               |       |        |
|---------------|-------|--------|
|               | 12000 | 0.2000 |
| Aliran Hiphop | 6000  | 0.3429 |
|               | 9000  | 0.2571 |
|               | 12000 | 0.1429 |
| Percakapan    | 6000  | 0.3571 |
|               | 9000  | 0.3000 |
|               | 12000 | 0.2857 |

Dari Tabel 2 sistem *audio watermarking* dengan metode *discrete wavelet transform* dan histogram tidak begitu tahan terhadap serangan LPF, dikarenakan karena pada saat dekomposisi *discrete wavelet transform*, pemilihan sinyal yang dilakukan penyisipan menggunakan frekuensi tinggi.

#### **Ketahanan watermark terhadap serangan *Stereo to Mono***

*Stereo to mono* merupakan serangan yang mengubah sinyal pada jumlah kanal dengan jumlah 2 kanal (*stereo*) menjadi 1 kanal (*mono*) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Pengaruh serangan *stereo to mono* terhadap BER

| Jenis Audio   | BER |
|---------------|-----|
| Aliran Rock   | 0   |
| Aliran Hiphop | 0   |
| Percakapan    | 0   |

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa sistem *audio watermarking* pada metode ini tahan terhadap serangan perubahan kanal suara.

#### **Ketahanan watermark terhadap penambahan *noise***

Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan *noise* yang berupa *pink noise* dan *white noise* sebesar 20 dB. Nilai BER hasil ekstraksi untuk *audio watermarked* sebagai berikut:

Tabel 4. Pengaruh penambahan *noise* terhadap BER

| Jenis Audio   | BER    |
|---------------|--------|
| Aliran Rock   | 0.2000 |
| Aliran Hiphop | 0.2857 |
| Percakapan    | 0.2571 |

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa sistem *audio watermarking* yang dibuat tidak tahan terhadap penambahan *noise* karena nilai BER  $\geq 20\%$ . Sedangkan audio dengan frekuensi yang rendah lebih rentan terhadap serangan *noise* dibandingkan dengan audio dengan frekuensi tinggi.

#### **Ketahanan watermark terhadap *resampling***

*Resampling* merupakan serangan yang mengubah nilai frekuensi *sampling* pada sinyal yang sudah diberi *watermark*. Nilai *sampling* audio diturunkan dari 44100 Hz menjadi 22050 Hz, 16000 Hz, dan 11025 Hz. Setelah itu, dikembalikan lagi ke frekuensi awal yaitu 44100 Hz. Dari hasil pengujian *resampling* diperoleh nilai BER sebagai berikut:

Tabel 5. Pengaruh serangan *resampling* terhadap BER

| Jenis Audio   | Frekuensi <i>sampling</i> (Hz) | BER    |
|---------------|--------------------------------|--------|
| Aliran Rock   | 11025                          | 0.3000 |
|               | 16000                          | 0.2571 |
|               | 22050                          | 0.2571 |
| Aliran Hiphop | 11025                          | 0.3857 |
|               | 16000                          | 0.3143 |
|               | 22050                          | 0.3000 |
| Percakapan    | 11025                          | 0.3571 |
|               | 16000                          | 0.3429 |
|               | 22050                          | 0.3143 |

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa semakin kecil frekuensi *sampling* maka watermark akan semakin rusak dan tidak sesuai dengan aslinya karena semakin kecil frekuensi *sampling* semakin jauh rentang frekuensi antara frekuensi *sampling* menuju ke frekuensi awalnya.

#### **Ketahanan watermark terhadap *speed change***

*Speed change* merupakan serangan dengan meningkatkan dan menurunkan kecepatan audio tanpa mengubah *pitch* sinyal. Pada pengujian ini, kecepatan audio diubah menjadi 0.95, 0.9, dan 0.85. Dari hasil pengujian didapat nilai BER sebagai berikut:

Tabel 6. Pengaruh serangan *speed change* terhadap BER

| Jenis Audio   | Kecepatan Audio | BER |
|---------------|-----------------|-----|
| Aliran Rock   | 0.95            | 0   |
|               | 0.9             | 0   |
|               | 0.85            | 0   |
| Aliran Hiphop | 0.95            | 0   |
|               | 0.9             | 0   |
|               | 0.85            | 0   |
| Percakapan    | 0.95            | 0   |
|               | 0.9             | 0   |
|               | 0.85            | 0   |

Dari Tabel 6. dapat disimpulkan bahwa *audio watermarking* dengan metode *discrete wavelet transform* dan *histogram based watermarking* kuat terhadap serangan *speed change*.

#### **Ketahanan watermark terhadap serangan *Time Scale Modification***

Waktu dari audio watermarked diubah skalanya dengan nilai 1.03 dan 1.04. Perubahan skala waktu ini mempengaruhi BER untuk watermark.

Tabel 7. Pengaruh serangan TSM terhadap BER

| Jenis Audio   | Kecepatan Audio | BER    |
|---------------|-----------------|--------|
| Aliran Rock   | 1.03            | 0.0143 |
|               | 1.04            | 0.0429 |
| Aliran Hiphop | 1.03            | 0.1429 |
|               | 1.04            | 0.0286 |
| Percakapan    | 1.03            | 0.0571 |
|               | 1.04            | 0.1286 |

Dari Tabel 7. dapat dilihat bahwa jenis audio dan kecepatan audio berpengaruh pada nilai BER.

#### **Ketahanan watermark terhadap serangan *pitch shifting***

*Pitch shifting* merupakan gangguan dengan mengeseran frekuensi dari audio terwatermark. Hasil pengujian audio watermarking didapat nilai BER sebagai berikut:

Tabel 8. Pengaruh *pitch shifting* terhadap BER

| Jenis Audio   | BER    |
|---------------|--------|
| Aliran Rock   | 0.3000 |
| Aliran Hiphop | 0.2857 |
| Percakapan    | 0.3714 |

Dari Tabel 8 terlihat bahwa metode audio watermarking yang dipakai sangat rentan terhadap pergeseran frekuensi dikarenakan karena basis penyisipan yang dilakukan pada metode ini dilakukan berdasarkan pemilihan frekuensi terlebih dahulu.

#### **Ketahanan watermark terhadap serangan *cropping***

*Cropping* adalah gangguan dengan memotong panjang sinyal dengan memotong durasi satu detik di awal file audio. Hasil pengujian terhadap serangan *cropping* sebagai berikut:

Tabel 9. Pengaruh *cropping* terhadap BER

| Jenis Audio   | BER |
|---------------|-----|
| Aliran Rock   | 1   |
| Aliran Hiphop | 1   |
| Percakapan    | 1   |

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa watermark tidak tahan terhadap serangan *cropping* dikarenakan sistem *audio watermarking* ini menggunakan menyisipkan bit *watermark* pada tiap sampel dan terjadi penyisipan di awal dari sinyal host audio. Sehingga saat dipotong sinyal audio tersebut diawal, watermark tidak dapat diambil lagi sehingga BER sama dengan 1.

### Proses Optimasi menggunakan Algoritma Genetika

Dari proses pengujian yang telah dilakukan, *watermark* tidak tahan terhadap berbagai serangan terbukti dari nilai BER yang tidak sama dengan 0.

Tabel 10. Hasil parameter optimal dari Algoritma Genetika

| Jenis Serangan | Frame | Threshold | dDelta | dSearch | Fitness function |
|----------------|-------|-----------|--------|---------|------------------|
| LPF            | 256   | 1.43      | 1.57   | 0.22    | 0,9965           |
| Resampling     | 512   | 1.11      | 1.1    | 0.28    | 0,9633           |
| Pitch shifting | 1024  | 1.11      | 1.45   | 0.28    | 0,9537           |

### Pengaruh serangan dengan parameter yang sudah dioptimasi menggunakan algoritma genetika terhadap nilai BER

Dari parameter yang didapatkan dari proses optimasi pada algoritma genetika diatas didapatkan beberapa parameter, seperti frame, *threshold*, dDelta, dan dSearch yang kemudian digunakan dalam sistem watermarking ini. Pengujian yang dilakukan sama seperti pengujian sebelum dioptimasi, hanya saja terjadi perubahan parameter yang masuk ke dalam sistem audio watermarking.

Tabel 11. Pengaruh serangan terhadap BER dengan parameter optimal

| Jenis Lagu    | Serangan                | Parameter Serangan | BER sebelum dioptimasi | BER setelah dioptimasi |
|---------------|-------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
| Aliran Rock   | LPF                     | 6000               | 0.2571                 | 0.0429                 |
|               |                         | 9000               | 0.2143                 | 0.0143                 |
|               |                         | 12000              | 0.2000                 | 0                      |
|               | Noise                   | 20 dB              | 0.2000                 | 0.0143                 |
|               | Resampling              | 11025              | 0.3000                 | 0                      |
|               |                         | 16000              | 0.2571                 | 0                      |
|               |                         | 22050              | 0.2571                 | 0                      |
|               | Time Scale Modification | 1.03               | 0.0143                 | 0                      |
|               |                         | 1.04               | 0.0429                 | 0                      |
|               | Pitch Shifting          | -                  | 0.3000                 | 0                      |
| Aliran Hiphop | LPF                     | 6000               | 0.3429                 | 0.0286                 |
|               |                         | 9000               | 0.2571                 | 0.0143                 |
|               |                         | 12000              | 0.1429                 | 0                      |
|               | Noise                   | 20 dB              | 0.2857                 | 0                      |
|               | Resampling              | 11025              | 0.3857                 | 0.0286                 |
|               |                         | 16000              | 0.3143                 | 0.1143                 |
|               |                         | 22050              | 0.3000                 | 0.0429                 |
|               | Time Scale Modification | 1.03               | 0.1429                 | 0                      |
|               |                         | 1.04               | 0.0286                 | 0                      |
|               | Pitch Shifting          | -                  | 0.2857                 | 0                      |
| Percakapan    | LPF                     | 6000               | 0.3571                 | 0.0714                 |
|               |                         | 9000               | 0.3000                 | 0.0571                 |
|               |                         | 12000              | 0.2857                 | 0.0110                 |
|               | Noise                   | 20 dB              | 0.2571                 | 0                      |

| Jenis Lagu | Serangan                       | Parameter Serangan | BER sebelum dioptimasi | BER setelah dioptimasi |
|------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|------------------------|
|            | <i>Resampling</i>              | 11025              | 0.3571                 | 0.0124                 |
|            |                                | 16000              | 0.3429                 | 0.0121                 |
|            |                                | 22050              | 0.3143                 | 0                      |
|            | <i>Time Scale Modification</i> | 1.03               | 0.0571                 | 0                      |
|            |                                | 1.04               | 0.1286                 | 0                      |
|            | <i>Pitch Shifting</i>          | -                  | 0.3714                 | 0                      |

### 3. Simpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis hasil pengujian pada bahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Implementasi sistem *audio watermarking* pada file *audio \*.wav* menggunakan DWT dan Histogram pada *watermarking* terhadap berbagai serangan seperti *low pass filter*, *noise*, *resampling*, *time scale modification*, *pitch shifting*, *stereo to mono* dan *speed change* sebelum dioptimasi menghasilkan nilai BER < 0.4 dan setelah dioptimasi menghasilkan nilai BER < 0.07.
2. Pengaruh jumlah bit dan *frame* ke dalam nilai SNR dan ODG. Semakin banyak bit yang disisipkan maka nilai SNR akan semakin berkurang, sedangkan untuk nilai ODG akan cenderung meningkat. Sedangkan untuk *frame*, semakin besar *frame* maka nilai SNR akan semakin meningkat dan ODG akan semakin berkurang..
3. Implementasi metode *Discrete Wavelet Transform* dalam pemecahan sinyal menjadi frekuensi rendah dan frekuensi tinggi serta *Histogram based watermarking* sebagai metode penyisipan dan ekstraksi *watermark* yang dibuat pada tugas akhir ini mencapai BER < 0.4 untuk serangan *low pass filter*, *noise*, *resampling*, *time scale modification*, dan *pitch shifting*, bahkan beberapa serangan seperti *stereo to mono* dan *speed change* menghasilkan BER sama dengan 0.
4. Implementasi algoritma genetika dapat mengoptimasi sistem audio watermarking terhadap serangan-serangan seperti LPF, *noise*, *resampling*, *time scale modification*, dan *pitchshifting* hingga BER mendekati 0 atau bahkan di beberapa file dan serangan BER bernilai 0.

### Daftar Pustaka

- [1]. X. Zhang, X. Yin, and Z. Yu, "Histogram specification-based audio watermarking technology against filtering attacks in time domain," *Proc. Int. Symp. Electron. Commer. Secur. ISECS 2008*, pp. 951–956, 2008.
- [2]. P. Bassia, I. Pitas, and N. Nikolaidis, "Robust audio watermarking in the time domain," *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 3, no. 2, pp. 232–241, 2001.
- [3]. W. N. Lie and L. C. Chang, "Robust and high-quality time-domain audio watermarking based on low-frequency amplitude modification," *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 8, no. 1, pp. 46–59, 2006.
- [4]. W. Li, X. Xue, and P. Lu, "Localized audio watermarking technique robust against time-scale modification," *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 8, no. 1, pp. 60–69, 2006.
- [5]. S. J. Xiang and J. W. Huang, "Histogram-based audio watermarking against time-scale," *IEEE Trans. Multimed.*, vol. 9, no. 7, pp. 1357–1372, 2007.
- [6]. E. Satriyanto, "Algoritma Genetika," pp. 81–87, 2011.