OPTIMASI *AUDIO WATERMARKING* BERBASIS *DISCRETE COSINE TRANSFORM* DENGAN TEKNIK *SINGULAR VALUE DECOMPOSITON* MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

Beatrix Sitompul[1)], Fadliana Raekania[2)], Gelar Budiman[3)]

[1),2),3)] Teknik Telekomunikasi, Telkom University
Jl. Telekomunikasi No. 1, Sukapura, Bojongsoang, Bandung, Jawa Barat 40257.
Email : bearttcl@gmail.com

Abstrak. *Proses yang dilakukan untuk menyisipkan sebuah informasi di dalam konten digital disebut audio watermarking. Informasi tersebut dinamakan watermark. Watermark yang disisipkan dapat berupa gambar, suara, teks, dll. Tujuannya yaitu untuk menandakan kepemilikan atau hak cipta (copyright) suatu konten agar tidak dicuri oleh oknum tak bertanggungjawab. Dalam penelitian ini, proses watermarking dilakukan dengan basis Discrete Cosine Transform (DCT) dan metode Singular Value Decomposition (SVD). Koefisien penyisipan yang didapat dari proses SVD nantinya akan diubah ke dalam bentuk koordinat polar dengan Cartesian Polar Transform (CPT) agar kualitas watermark citra menjadi lebih baik. Seluruh tahap yang dilakukan saat penyisipan (embedding) kemudian dioptimasi dengan Algoritma Genetika, untuk mendapatkan nilai parameter yang paling optimal di setiap tahapnya. Hasil yang akan didapatkan yaitu parameter output berupa nilai ODG $\geq$ -1 dan 0 $\geq$ BER $\leq$ 0,4 (watermark citra masih bisa terdeteksi). Nilai – nilai tersebut menandakan bahwa watermark yang dihasilkan sudah baik.*

Kata kunci: *Audio Watermarking, Discrete Cosine Transform, Singular Value Decomposition, Cartesian Polar Transformation, Algoritma Genetika.*

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi membuat segalanya menjadi serba cepat dan praktis, terutama dalam hal komunikasi. Namun, kemudahan ini tidak selalu berdampak baik. Ada saja pihak tak bertanggungjawab yang berusaha untuk melakukan pencurian konten. Pencurian konten ini bersifat ilegal karena melanggar undang – undang hak cipta (*copyright*) dari perusahaan yang dirugikan. Salah satu solusi yang paling sering dilakukan adalah dengan memasukkan *watermark* kedalam file yang akan dilindungi dengan teknik *watermarking*.

Menurut [1] *watermarking* adalah salah satu cara menyembunyikan atau menanamkan data atau informasi tertentu ke dalam suatu data digital lainnya, tanpa diketahui kehadirannya oleh indera manusia (penglihatan maupun pendengaran). Pada penelitian kali ini akan dilakukan *watermarking* pada file *audio* atau *audio watermarking*.

1.2 Metodologi

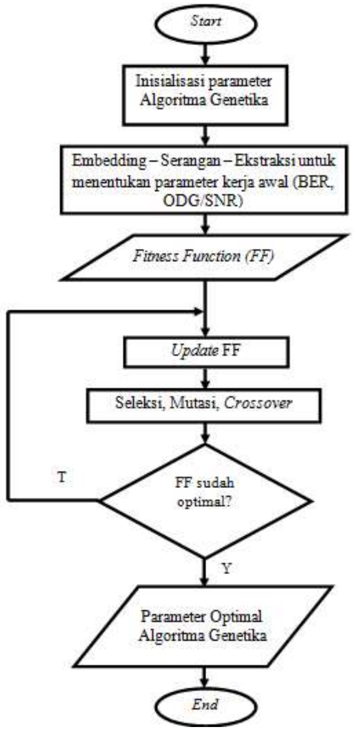
Ada beberapa kriteria dari watermark yang baik, yaitu [6] tidak dapat dideteksi oleh indra manusia (imperceptibility), watermark hanya bisa diambil oleh pemiliknya atau pembuatnya (secure), tahan terhadap serangan (robustness), dan tingginya kapasitas data yang bisa disisipkan ke dalam host watermark, dalam hal ini audio.

Walaupun penggabungan metode DCT dan SVD menghasilkan watermark yang cukup baik, tetapi belum optimal. Karena itu pada penelitian kali ini akan digunakan penambahan Algoritma Genetika sebagai pengoptimasi.

Algoritma Genetika adalah algoritma komputasi yang diinspirasi teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam

sebuah masalah optimasi [3]. Penggunaan algoritma genetika dalam watermarking masih terbilang baru, karena hal ini menggunakan konsep rekayasa jaringan tiruan [4] yang biasanya diaplikasikan pada makhluk hidup.

2. Pembahasan

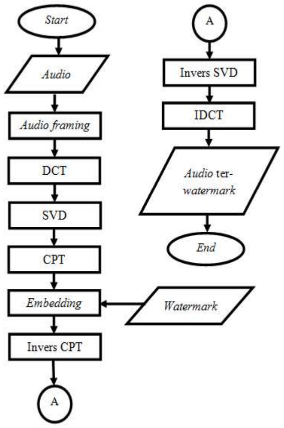


Gambar 1. Model Sistem Keseluruhan

Dalam penelitian ini, terdapat dua proses yang akan dilakukan yaitu *embedding* dan ekstraksi. Proses *embedding* dan ekstraksi dapat dilihat dari diagram alir Gambar 2.2 dan Gambar 4.4.

2.1 *Embedding*

Proses *Embedding* dapat dilihat pada Gambar 2.2. *Embedding* bisa disebut juga sebagai penyisipan. Berikut ini adalah tahap – tahap yang dilakukan untuk menyisipkan watermark ke dalam audio:



Gambar 2.2 Proses Embedding

2.1.1. Audio Framing

Proses segmentasi audio dilakukan untuk mengelompokkan audio tersebut menjadi beberapa frame sesuai dengan kebutuhan. *Frame* akan digunakan sebagai area yang akan dijadikan tempat untuk penyisipan citra sesuai dengan nilai pita frekuensi yang telah ditentukan. Dimana N adalah nomor urutan *frame* dan a adalah jumlah *sample* per *frame*.

2.1.2. Proses DCT

Metode DCT dilakukan untuk mengubah sinyal audio yang tadinya berada di domain waktu ke domain frekuensi. Bentuk DCT secara matematis adalah

$$X(k) = \sum_{i=1}^{N} x(n) \cos\left[\frac{\pi}{N}\left(n+\frac{1}{2}\right)\left(k+\frac{1}{2}\right)\right]$$

Sinyal ditransformasi ke domain frekuensi agar proses ekstraksi menjadi lebih mudah. Lalu, setelah domain berubah, DCT juga membantu menentukan batas koefisien frekuensi tempat *watermark* akan mengalami proses *embedding*. Untuk metode DCT, *watermark* dapat disisipkan di frekuensi manapun. Untuk penelitian ini, batas frekuensi yang dipilih merupakan frekuensi yang rendah atau frekuensi bawah.

2.1.3. Penyisipan Watermark Citra dengan SVD dan CPT

Setelah batas frekuensi ditemukan, dilakukan proses penyisipan *watermark* yang disebut juga dengan *embedding*. Penyisipan dilakukan dengan metode *Singular Value Decomposition* (SVD). Bentuk SVD secara matematis adalah

$$[A] = [U]\begin{bmatrix} \sigma_i & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sigma_n \end{bmatrix}[V^T]$$

Pada penelitian ini digunakan *watermark* citra atau gambar. Citra yang akan disisipkan sebagai watermark terdapat pada Gambar 2.3

Gambar 2.3. Citra yang Disisipkan

Watermark citra tinggalkan sejenak, kemudian kembali lagi ke penyisipan. Metode SVD digunakan untuk membagi audio host menjadi 3 komponen matriks yaitu Matriks U, S, dan VT. Dari ketiga matriks, matriks S merupakan unsur yang paling diperlukan dan diperhatikan. Eigen dari Matriks S merupakan nilai singular yang akan digunakan untuk watermarking atau menunjukkan nilai tempat dimana watermark akan disisipkan.

Nilai – nilai eigen yang telah didapatkan dari matriks S kemudian diubah ke dalam bentuk polar dengan CPT. Hal ini dilakukan agar kualitas watermark yang dihasilkan menjadi lebih tinggi. Citra biner kemudian juga disisipkan dengan bantuan proses QIM (Quantization Index Modulation) atau kuantisasi. Dalam karya ini, citra biner telah menjadi watermark dan ukuran tergantung pada durasi input audio dan ukuran bingkai. Setiap bit watermark akan ditambahkan ke satu frame di DCT dan domain SVD.

Setelah disisipkan watermark, audio yang telah diproses harus dikembalikan ke bentuk semula agar bisa didengar oleh telinga manusia. Karena itu diperlukan operasi balikan seperti Invers CPT untuk mengembalikannya ke dalam bentuk kartesian, lalu rekonstruksi (penggabungan) SVD, dan IDCT untuk mengembalikan suara ke dalam domain waktu. Kemudian audio yang masih terbagi menjadi beberapa frame akan kembali membentuk bingkai audio yang ter-watermark. Semua frame watermark yang digabungkan dan menghasilkan audio watermark.

2.1.4. Optimasi dengan Algoritma Genetika

Bagian optimasi dilakukan oleh teknik Algoritma Genetika. Proses Algoritma Genetika sebenarnya terjadi pada saat semua proses sedang berjalan beriringan. Algoritma Genetika menggunakan konsep evolusi makhluk hidup, sehingga ada beberapa unsur seperti kromosom, populasi, dll yang nantinya akan dikaitkan dengan metode – metode yang digunakan di watermarking ini.

Setiap kriteria mempunyai parameter dan skala masing – masing untuk menentukan kualitasnya, seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Target Parameter Output

Aspek	Parameter	Nilai Target
Imperceptibility	ODG	≥ -1
Robustness	BER	0 s/d 0,4

Setelah ditargetkan untuk tiap – tiap kriteria, maka giliran Algoritma Genetika yang bekerja. Dalam metode SVD, DCT, dan CPT pasti terdapat parameter yang menentukan kualitas watermark. Parameter seperti frekuensi dan nilai singular tersebut digambarkan seperti sebuah kromosom dalam tubuh makhluk hidup. Kromosom yang berkualitas baik tentu akan menghasilkan makhluk hidup yang hampir tidak bercacat, dan akan turun juga ke generasi – generasi selanjutnya. Kualitas kromosom diukur dari nilai fitness function (FF).

Skala FF dimulai dari 0 sampai 1, semakin mendekati 1 maka akan semakin baik. Skala ODG dimulai dari -4 sampai dengan 0, dimana 0 merupakan ODG paling baik (semakin besar semakin baik). Skala BER dimulai dari 1 sampai 0, dimana semakin kecil nilainya maka semakin kecil errornya. Bisa dilihat bahwa skala BER dan ODG berbanding terbalik. Maka, hal yang pertama kali harus dilakukan yaitu mengubah skala BER dan ODG menjadi berbading lurus, jadi untuk BER diubah skalanya dari 0 sampai 1 agar semakin tinggi nilainya, maka errornya akan semakin kecil seperti ODG. Maka persamaan yang bisa didapatkan adalah:

Imperceptibility = ODG (3)

Robustness = 1 – BER (agar nilai tetap mendekati 0) (4)

Persamaan FF awal adalah:

FF = f (1 – BER + ODG) = 1 (nilai maksimal) (5)

Persamaan FF ini kemudian akan dimodifikasi agar jika dengan batas BER dan ODG yang ditentukan bisa didapatkan nilai FF = 1. Setelah dicoba, maka persamaan FF yang paling memungkinkan adalah:

$$FF = \frac{1 - BER + ODG + 4}{5} = 1$$

Algoritma Genetika membantu dalam menentukan di frekuensi dan nilai singular manakah watermark harus disisipkan. Pasti akan dilakukan proses modifikasi kromosom seperti crossover, elitisme, roulette wheel, dll agar di tiap kromosom yang diperlukan bisa mencapai nilai FF = 1, dimana nilai tersebut merupakan nilai paling optimal.

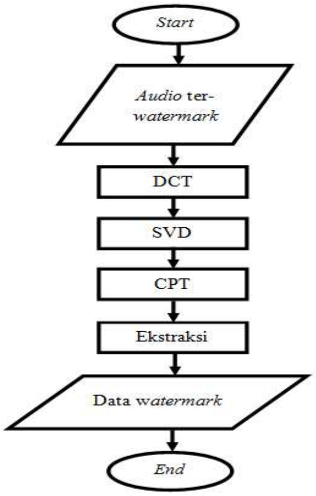
2.2. Pengujian dengan *attack*

Untuk menguji ketahanan watermark itu sendiri perlu dilakukan pemberian serangan (attack). Terdapat banyak attack yang bisa dilakukan pada watermark, namun pada penelitian kali ini attack yang akan diberikan adalah noise, re-sampling, kompresi, filtering, modifikasi waktu dan frekuensi. Attack ini bisa menyebabkan kerusakan dan perubahan pada sinyal audio jika dimasukkan ke dalamnya.

2.3. Ekstraksi

Setelah dilakukan *attack* kepada watermark, akan dilakukan ekstraksi. Prosesnya hampir sama, yaitu dilakukan metode DCT, SVD, dan CPT (**Gambar 2.4**) Proses tersebut menghasilkan sebuah *watermark* citra yang terpisah dari *audio host*. *Watermark* dikeluarkan dari host agar nilai BER pada *watermark* bisa

dihitung. Jika BER mendekati nilai 0 – 0,4 atau masih bisa terdeteksi, maka kualitas *watermark* yang dihasilkan sudah sangat baik. Jika bentuk *watermark* sudah hancur atau tidak terdeteksi maka kualitas *watermark* tidak baik.



Gambar 2.4 Proses Ektraksi

2.4. Hasil Pengujian

Setelah dilakukan percobaan, nilai parameter output yang didapat adalah:

Tabel 2.2 Tabel Hasil Pengujian

Parameter	Nilai
ODG	-3,6332
SNR	9.8069
BER	0,4200
PSNR	3,7675
SSIM	0,2928

Perbedaan bunyi dari file audio sebelum dan setelah diberi *watermark* pun masih terdengar. Hal ini disebabkan karena nilai dari ODG yang masih terlalu rendah dibandingkan nilai minimalnya yaitu -1.
Perbedaan dari *watermark* citra sebelum dan sesudah diberi attack dapat dilihat di **Gambar 2.5**

Gambar 2.5 *Watermark* Citra Sebelum (kanan) dan setelah (kiri) diberi *Attack*

3. Simpulan

1. ODG = -3,6332 yang berarti, kualitas audio ter*watermark* tidak baik karena masih terdengar jelas perbedaannya oleh telinga (*imperceptibility*), jika dibandingkan dengan audio yang belum diberi *watermark*.
2. BER = 0,4200 yang berarti, watermark citra rusak saat diberi attack. Hal ini menandakan ketahanan (*robustness*) dari *watermark* masih kurang baik.

Daftar Pustaka

[1] S. E and M. Winarso, "Technique Steganografi Discrete Cosine Transform," *Metod. Discret. Cosine Transform*, vol. 4, no. 1, pp. 72–85, 2007.

[2] H. A. Alshammas, "Robust Audio Watermarking Based on Dynamic Dwt With Error Correction," 2013.

[3] E. R. Firmansyah, S. S. A. Nurul, N. H. Agustin, and V. Amrizal, "Algoritma genetika," *Univ. Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*, no. 1110091000043, pp. 1–27, 2012.

[4] U. Telkom, I. Tawakal, F. T. Elektro, and U. Telkom, "BERBASIS JARINGAN SYARAF TIRUAN BACK-PROPAGATION Tugas Akhir."

[5] Sanjoyo, "Aplikasi Algoritma Genetika," *Apl. Algoritm. Genet.*, pp. 1–23, 2006.

[6] P. Studi and T. Informatika, "STUDI WATERMARKING DAN MAULICIOUS ATTACK TANPA."

[7] M. Ruswiansari, A. Novianti, T. Informatika, and T. Elektro, "IMPLEMENTASI DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) DAN SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD) PADA IMAGE WATERMARKING IMPLEMENTATION DISCRETE WAVELET TRANSFORM (DWT) AND SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD)," pp. 249–259, 2016.

[8] Y. Adriansyah, "Aplikasi Watermark pada Citra Digital Menggunakan Metode SVD," 2011.

[9] F. Aryani, D. Yulianti, and J. Matematika, "Aplikasi Metode Singular Value Decomposition (SVD) Pada Sistem Persamaan Linier Kompleks," *J. Sains dan Teknol. Ind. UIN Sultan Syarif Kasim Riau*, vol. 10, no. 1, pp. 67–76, 2012.

[10] S. Briefs, I. N. Elec, and T. Al, *Advances in Audio Watermarking Based on Singular Value Decomposition*. .