

## PERANCANGAN *AUDIO WATERMARKING* BERBASIS *DISCRETE WAVELETE TRANSFORM* DAN *MODIFIED DISCRETE COSINE TRANSFORM* DENGAN OPTIMASI ALGORITMA GENETIKA

Olga Madayanti<sup>1)</sup>, Dianita Rosari<sup>2)</sup>, Gelar Budiman, Suci Auli<sup>4)</sup>, Irma Safitri<sup>5)</sup>

<sup>1),2),3),4),5)</sup> Teknik Telekomunikasi, Universitas Telkom Bandung  
Jl. Telekomunikasi No.1 Bandung  
Email : omadayanti@gmail.com

**Abstrak .** Seiring perkembangan teknologi, tingkat plagiarisme terhadap suatu karya berupa konten digital semakin meningkat. Untuk mengatasi hal itu dibutuhkan suatu solusi untuk melindungi hak cipta karya tersebut. Salah satu solusinya dengan menggunakan watermarking. Pada makalah ini akan dirancang watermarking dengan *Quantization Index Modulation (QIM)* sebagai metode penyisipannya. Sebelum memasuki proses penyisipan, sinyal audio host akan ditransformasi dalam domain *Discrete Wavelet Transform (DWT)* dan domain *Modified Discrete Cosine Transform (MDCT)*. Keluaran *DWT* adalah sinyal yang akan terbagi menjadi dua bagian frekuensi yaitu sinyal dengan frekuensi rendah atau subband low dan sinyal dengan frekuensi tinggi atau subband high yang berada pada domain waktu, sedangkan pada keluaran *MDCT* dapat diperoleh kapasitas penyisipan hingga dua kali lebih banyak dibandingkan *Fast Fourier Transform (FFT)*. Seluruh proses penyisipan akan dioptimasi dengan algoritma genetika. Dengan adanya algoritma genetika, parameter yang digunakan dapat dioptimalkan karena melalui proses seleksi sampai diperoleh nilai yang terbaik. Hasil dari perancangan ini dapat menghasilkan kualitas watermarked audio yang sama dengan audio aslinya, tahan terhadap serangan dan kapasitas penyisipan yang besar.

**Kata kunci:** *Audio Watermarking, MDCT, DWT, Algoritma Genetika .*

### 1. Pendahuluan

Dengan perkembangan teknologi dan keberadaan internet, manusia dengan sangat mudah dapat melakukan pelanggaran hak cipta media digital, khususnya plagiarisme. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu solusinya adalah dengan *watermarking*. *Audio watermarking* merupakan suatu teknik penyisipan data ke dalam suatu audio, tanpa mengganggu kualitas audio tersebut. Teknik *watermarking* yang baik harus mampu menghasilkan *watermarked audio* yang tahan terhadap proses-proses pengolahan sinyal digital (*resampling, compression, low pass filtering, dll*) sampai tahap tertentu [1]. Namun selalu terjadi *trade off* antara tingkat ketahanan (*robustness*) dengan tingkat transparansi dari konten watermark (*imperceptibility*). Dengan kriteria tersebut, berbagai metode dilakukan untuk menghasilkan tingkat *robustness* dan *imperceptibility* yang seimbang dan optimal.

Umumnya, metode *watermarking* dalam domain transformasi (seperti *DCT, DWT, dll*) memiliki ketahanan lebih baik dibandingkan dengan domain temporal [2]. Selama dekade terakhir, *Modified Discrete Cosine Transform (MDCT)* telah muncul sebagai transformasi yang paling efektif dalam pengkodean audio karena properti *time domain alias cancellation (TDAC)* dan pemadatan energi yang dimilikinya [3]. Domain *MDCT* dimanfaatkan pada penelitian [4] untuk menyisipkan pesan pada audio terkompresi *MPEG Layer III (MP3)*, penyisipan dilakukan saat proses kompresi *MP3* berlangsung. Demi mewujudkan *audio watermarking* yang seimbang terhadap *imperceptibility* dan *robustness*, pada tulisan Mehdi Sadeghzadeh dan Mahsa Taherbaghal [2] mengusulkan optimasi menggunakan *Genetic Algorithms (GA)* dengan mekanisme *variable-length* dapat menentukan parameter penyisipan yang optimal untuk setiap frame sinyal audio dan menjamin kualitas yang audio watermarking baik.

Penelitian yang menggabungkan metode [5] dan [6], hanya pada [5] dan [6] yang bertindak sebagai host adalah citra. Hasil penelitian dari [5] dan [6] menunjukkan bahwa algoritma genetika mampu memperbaiki kinerja *watermarking* dibandingkan dengan *watermarking* yang belum dioptimasi. Berdasarkan penelitian [7] mengusulkan metode *zeros-watermarking* yang tidak mengubah sinyal asli sehingga kualitas sinyal tetap bagus, hasil percobaan *MDCT* dengan metode *zeros-watermarking*

mempertegas keefektifan audio dan memperoleh nilai *Normalized Cross-correlation* (NCR) tertinggi dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya.

Pada makalah ini, akan dirancang *audio watermarking* dengan metode penyisipan QIM serta transformasi DWT dan MDCT. Hasil penyisipan dioptimasi dengan algoritma genetika untuk menghasilkan kualitas audio watermark yang lebih optimal. Tahap awal, *host audio* akan ditransformasi menggunakan DWT pada domain frekuensi yang memuat sedikit informasi. Keluaran DWT selanjutnya ditransformasi ke domain frekuensi menggunakan MDCT untuk mendapatkan jumlah frame lokasi sisipan yang lebih banyak dengan mekanisme *overlapping* dan konsep TDAC yang dimilikinya. Sinyal keluaran dari MDCT disisipkan watermark menggunakan metode QIM. Hasil *watermarked audio* akan dioptimasi menggunakan algoritma genetika.

## 2. Pembahasan

### 2.1 Dasar Teori

#### *Discrete Wavelet Transform (DWT)*

Transformasi Fourier merupakan sebuah transformasi yang mengubah sinyal tersebut dalam domain waktu. DWT memakai dua jenis fungsi yaitu fungsi scaling dan fungsi wavelet, yang mana berhubungan dengan filter low pass dan high pass. Dekomposisi dari suatu sinyal dengan perbedaan pita frekuensi hanya diperoleh secara berturut-turut filter *low pass* dan *high pass* dalam domain waktu. Sinyal asli  $x[n]$  pertama kali melewati half band high pass filter  $g[n]$  dan low pass filter  $h[n]$ . Setelah di filter setengah dari sample dihilangkan sesuai dengan teorema Nyquist, sehingga sinyal yang diperoleh menjadi setengah dari frekuensi tertinggi yaitu bernilai  $\pi/2$  radian dari sebelumnya yang bernilai  $\pi$ . Untuk itu sinyal dapat dibagi menjadi dua bagian hanya dengan membuang setiap sample lainnya.

$$Y_{high}[k] = \sum_n x[n] \cdot g[2k - n] \quad (1)$$

$$Y_{low}[k] = \sum_n x[n] \cdot h[2k - n] \quad (2)$$

Dimana  $Y_{high}$  dan  $Y_{low}$  adalah keluaran dari filter *high pass* dan *low pass* setelah mengalami *subsampling* sebanyak dua kali. Dekomposisi dari sinyal membagi dua resolusi waktu karena hanya setengah dari jumlah sample yang menggambarkan seluruh sinyal.

#### *Modified Discrete Cosine Transform (MDCT)*

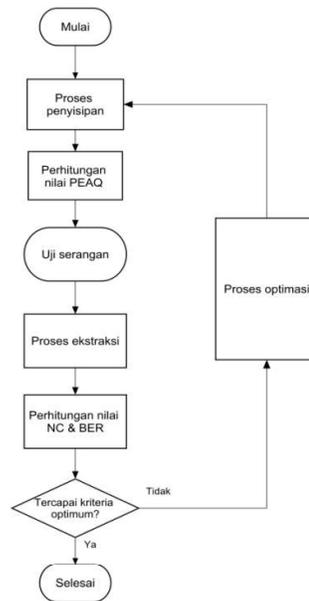
Dalam encoder audio, MDCT digunakan untuk mengubah sinyal dari domain waktu ke dalam domain frekuensi. Dengan menggunakan mekanisme overlapping, IMDCT (invers MDCT) dapat secara akurat merekonstruksi sinyal asli dan menghindari data aliasing pada perbatasan antara frame audio. Komponen  $x$  menunjukkan frame audio sinyal dan menjadi koefisien MDCT. MDCT dan IMDCT dapat dilihat pada persamaan (3) dan (4) di bawah [8] :

$$X[k] = \sum_{n=0}^{L-1} x[n] \cos \left[ \frac{\pi}{2L} k \left( 2n + 1 + \frac{L}{2} \right) (2k + 1) \right], k = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1 \quad (3)$$

$$X[n] = \frac{1}{L} \sum_{k=0}^{L/2-1} X[k] \cos \left[ \frac{\pi}{2L} k \left( 2n + 1 + \frac{L}{2} \right) (2k + 1) \right], k = 0, 1, 2, \dots, L/2 - 1 \quad (4)$$

### 2.2 Perancangan Sistem *Audio Watermarking*

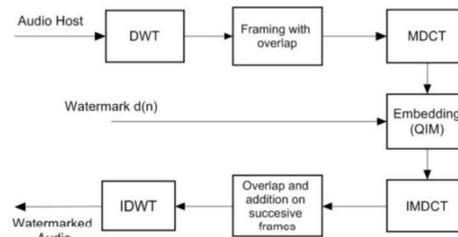
Pada bagian ini akan dijelaskan skema sistem *audio watermarking* yang diusulkan seperti pada gambar 1. Pertama, dilakukan proses penyisipan citra *watermark* ke dalam audio, setelah itu dilakukan perhitungan PEAQ untuk mengetahui kualitas audio setelah tersisipi. Kemudian masuk ke proses uji serangan, dan dilakukan proses ekstraksi untuk mengambil kembali citra *watermark* dari dalam lagu. Selanjutnya dilakukan perhitungan NC dan BER untuk mengetahui kualitas watermark yang telah diekstrak. Jika hasil pengukuran NC dan BER masih belum optimal maka sistem akan melakukan proses optimasi dengan algoritma genetika. Proses algoritma genetika akan mencakup seluruh proses yang telah dilakukan sebelumnya hingga tercapai kriteria optimum yang diinginkan, dan sistem akan berhenti.



Gambar 1. Skema Umum *Watermarking*

### Proses Penyisipan

Proses penyisipan akan dilakukan sesuai skema pada gambar 2 :



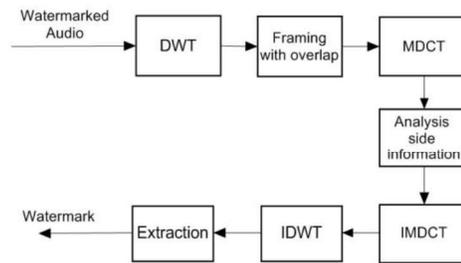
Gambar 2 Skema Proses Penyisipan

1. Pertama-tama host audio yang berformat \*.wav akan diinisialisasi terlebih dahulu, dan dilakukan segmentasi dengan panjang 1024 setiap framenya.
2. Selanjutnya, frame audio tersebut ditransformasi pada domain waktu menggunakan proses DWT. Pada proses ini sinyal audio akan terdekomposisi menjadi sinyal frekuensi tinggi dan frekuensi rendah. Pada makalah ini dipilih rentang frekuensi tinggi sebagai tempat penyisipan *watermark*.
3. Sampel audio yang telah terpilih tersebut kemudian akan disegmentasi kembali dengan *overlap* sebesar 50% dengan panjang 128 sampel pada tiap framennya, sehingga frame selanjutnya akan memuat 50% isi dari frame sebelumnya.
4. Selanjutnya dilakukan proses MDCT pada frame yang telah mengalami *overlap*, dan dihasilkan sample dalam domain frekuensi.
5. Sebelum tahap penyisipan, dilakukan inialisasi terhadap data *watermark* yang berupa citra biner berukuran 20x20.
6. Citra yang telah diinisialisasi kemudian disisipkan ke dalam sampel lagu yang berdomain MDCT. Penyisipan dilakukan menggunakan metode QIM.
7. Kemudian dilakukan proses IMDCT untuk mengembalikan sinyal ke dalam domain waktu.
8. Tahap selanjutnya dilakukan proses *overlap and add*, yaitu menjumlahkan bagian frame yang mengalami *overlap* sehingga didapatkan urutan frame yang sama seperti semula.
9. Frame yang telah terekonstruksi selanjutnya masuk ke proses IDWT dan kemudian di re-segmentasi sesuai kriteria yang dilakukan pada tahap DWT sebelumnya.
10. Selanjutnya akan terbentuk *watermarked audio* dalam domain waktu.

Setelah proses penyisipan selesai, *watermarked audio* akan diuji dengan beberapa serangan berupa *low pass filtering*, penambahan noise, kompresi MP3, *echo*, dan *cropping*.

### Proses Ekstraksi

*Watermarked audio* yang telah tersisipi dan telah diserangan kemudian masuk ke proses ekstraksi untuk mengambil kembali citra *watermark*-nya, dan akan dihitung kualitas citra tersebut.

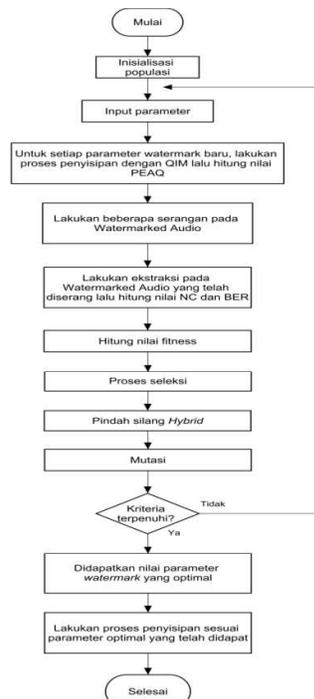


Gambar 3. Skema Proses Ekstraksi

1. *Watermarked audio* pertama-tama di segmentasi sepanjang 1024 pada tiap framena.
2. Kemudian sample dalam bentuk frame tersebut diubah ke dalam domain frekuensi dan didekomposisi untuk diambil rentang frekuensi dimana *watermark* disisipkan.
3. Sampel sinyal tersebut kemudian di *framing* dengan 50% *overlap* sesuai yang dilakukan pada tahap penyisipan.
4. Frame yang telah mengalami *overlap* kemudian ditransformasi dengan MDCT dan dilakukan analisis lokasi keberadaan *watermark*.
5. Sample sinyal yang telah didapatkan pada proses sebelumnya kemudian di IMDCT.
6. Setelah itu proses IDWT dan proses ekstraksi dengan metode QIM sesuai proses penyisipan.
7. Setelah didapatkan data *watermark*, kemudian dilakukan pengukuran kualitas data *watermark* dengan menghitung nilai NC dan BER nya.

### Optimasi dengan Algoritma Genetika

Setelah proses penyisipan, ekstraksi dan pengukuran kualitas selesai, akan dilihat apakah kualitas hasil penyisipan dan ekstraksi sudah memenuhi kriteria optimal atau belum.



Gambar 4. Skema Proses Optimasi dengan Algoritma Genetika

1. Pertama-tama dilakukan proses inialisasi populasi untuk membentuk kromosom yang akan digunakan dalam algoritma genetika. Parameter yang akan dijadikan kromosom untuk proses optimasi pada penelitian ini adalah besar *overlap* pada *frame* dan lokasi penyisipan pesan.
2. Setelah mendapatkan kromosom baru, dilanjutkan dengan proses penyisipan menggunakan QIM, lalu hitung kualitas audio yang telah disisipkan *watermark*.
3. Audio yang telah disisipi *watermark* kemudian diuji dengan beberapa serangan yang telah dijelaskan pada bagian proses penyisipan.
4. Dilakukan proses ekstraksi, hitung nilai NC dan BER untuk mengukur kualitas *watermark*.
5. Selanjutnya hitung nilai *fitness* dari kromosom yang telah mengalami proses serangan dan ekstraksi. penghitungan *fitness* dilakukan untuk mengetahui kromosom mana yang masih layak untuk masuk ke proses selanjutnya.
6. Tahap seleksi bertujuan memilih *parents* baru, yaitu kromosom yang memiliki nilai *fitness* tertinggi.
7. Lalu ada proses pindah silang antar *parents* yang terbentuk untuk mendapatkan *child* baru.
8. *Child* baru yang terbentuk selanjutnya akan mengalami proses mutasi. Proses kerjanya ialah memilih secara acak beberapa gen dalam kromosom *child* yang akan diganti sesuai dengan jumlah probabilitas mutasinya.
9. Generasi yang terbentuk dari proses mutasi akan dilihat kualitasnya, jika sesuai dengan kriteria maka proses optimasi selesai, dan hasilnya akan dijadikan sebagai parameter paling optimal. Namun jika belum sesuai, maka prosesnya akan diulang kembali ke input parameter.
10. Parameter paling optimal akan digunakan pada proses penyisipan dan ekstraksi yang sesungguhnya.

### 3. Simpulan

1. Perlindungan hak cipta suatu konten audio digital dengan *watermarking* sangat diperlukan. Pada makalah ini digunakan optimasi *audio watermarking* dengan metode penyisipan QIM dengan transformasi DWT dan MDCT. Penggunaan DWT untuk memilih domain frekuensi tempat penyisipan dapat meningkatkan *imperceptibility*, karena *watermark* hanya disisipkan pada frekuensi yang memuat sedikit informasi dari audio. Penggunaan metode MDCT membuat kapasitas penyisipan mencapai dua kali lebih banyak. Selain itu, proses invers MDCT membuat sinyal dapat dikembalikan ke domain waktu dengan lebih akurat dibandingkan jenis transformasi lain, hal ini dikarenakan sifat *Time Domain Aliasing Cancelation* yang dimilikinya. Tahap penyisipan juga menjadi lebih sederhana karena menggunakan modulasi kuantisasi indeks (QIM), sehingga *watermark* dapat diekstrak dengan akurasi tinggi.
2. Optimasi dengan algoritma genetika akan meningkatkan ketahanan dari *watermarked audio*. Proses optimasi akan berhenti ketika didapatkan parameter yang paling optimal untuk proses penyisipan. Kriteria SNR yang diinginkan adalah di atas 50 dB dan ODG di atas -1, pada tingkat tersebut pendengar akan sulit membedakan antara audio asli dengan *watermarked audio*. Sedangkan tingkat ketahanan *watermarked audio* akan diukur dengan BER dan NC. Nilai BER yang diharapkan mendekati 0 dan NC mendekati 1, jika tercapai kriteria tersebut maka *watermark* tidak mengalami kerusakan yang cukup signifikan meskipun telah mengalami serangan.

### Daftar Pustaka

- [1] M. T. Ir. Rinaldi Munir, "Steganografi dan Watermarking," Bandung: Departemen Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung, 2004.
- [2] M. Sadeghzadeh and M. Taherbaghal, "A New Method for Watermarking using Genetic Algorithms," pp. 1–8, 2014.
- [3] S. K. Singh and J. Singh, "Audio Watermarking Scheme in MDCT Domain," pp. 42–47, 2012.
- [4] M. Bazyar and R. Sudirman, "A Robust Data Embedding Method for MPEG Layer III Audio Steganography," *Int. J. Secur. Its Appl.*, vol. 78, no. 7–5, pp. 67–73, 2016.
- [5] G. Budiman, L. Novamizanti, and I. Iwut, "Genetics Algorithm Optimization of DWT-DCT Based Image Watermarking."
- [6] I. Iwut, G. Budiman, and L. Novamizanti, "Optimization of Discrete Cosine Transform-Based

- Image Watermarking by Genetics Algorithm,” *TELKOMNIKA Indones. J. Electr. Eng.*, vol. A, no. September, pp. 1–16, 2016.
- [7] M. Wang, H. Lin, and M. Lee, “Robust Audio Watermarking Based on MDCT Coefficients,” 2012.
- [8] M. L. Wang, H. X. Lin, and M. T. Lee, “Robust audio watermarking based on MDCT coefficients,” *Proc. - 2012 6th Int. Conf. Genet. Evol. Comput. ICGEC 2012*, pp. 372–375, 2012.