

PERANCANGAN DAN ANALISIS AUDIO WATERMARK BERBASIS DISCRETE COSINE TRANSFORM DENGAN METODE CENTROID

DISCRETE COSINE TRANSFORM BASED AUDIO WATERMARK ANALYSIS AND DESIGN WITH CENTROID METHOD

Mohammad Fadly Sulianto¹, Gelar Budiman S.T., M.T.², Ratri Dwi Atmaja S.T., M.T.³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹181.fadly@gmail.com, ²gelarbudiman@gmail.com, ³ratridwiatmaja@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan era digital dan kemudahan dalam berkomunikasi terjadi sangat pesat dalam beberapa dekade ini. Kemampuan untuk mengakses data digital dan bertukar informasi dari segala penjuru dunia sudah menjadi hal yang sulit, namun hal ini memiliki dampak negatif yaitu mudahnya terjadi penyalahgunaan dari hak cipta pada suatu data digital. Penyalahgunaan hak cipta tentunya akan memberikan kerugian terhadap banyak pihak terutama kepada pemilik hak cipta itu sendiri, sehingga dibutuhkan suatu metode yang dapat melindungi suatu hak cipta pada data digital.

Pada tugas akhir ini teknik digital yang digunakan adalah audio watermark. Audio watermark adalah teknik penyisipan atau penanaman suatu informasi atau data kedalam host Audio untuk melindungi host Audio tersebut. Metode yang digunakan adalah metode titik tengah atau centroid pada domain frekuensi. Host Audio diubah ke domain frekuensi dengan DCT dan kemudian disisipkan watermark dengan metode QIM dan metode centroid.

Keluaran dari rancangan sistem audio watermarking ini adalah audio ter-watermark yang memiliki SNR yang cukup baik yaitu dengan nilai 33dB dan memiliki kualitas suara yang masih cukup jernih untuk didengar. Kemampuan sistem untuk menghadapi serangan juga di buktikan dengan hasil BER sebesar 0.1 untuk serangan Kompresi MP3 dengan bitrate 128k sehingga dapat dikatakan hasilnya masih cukup baik..

Kata Kunci : Audio Watermark, DCT, QIM, Centroid.

ABSTRACT

These past years the growth of digital era and the ease of long distance communication become more faster. The ease of accessing digital data and exchanging informations with the others to every part of the world is an easy task at this era, But this capabilities comes with many negative side and one of it is the misuse of copyright. Copyright abuse will affects many parties mainly the owner of the copyright, therefore it is necessary to make a method to protect the copyright of a digital data.

In this Final Project the digital technique that will be used is audio watermark. Audio watermark is a technique where an audio file that will be protected is inserted with a watermark data that can be audio, image or video file. The method that will be used is Centroid method at Frequenxy Domain The audio file will be converted to frequency domain using DCT, then the watermark file will be embedded using QIM with help from centroid method.

The Output from this Design of audio watermarking system is a watermarked audio with good Signal-to-Noise Ratio at 33 dB and the audio quality still good to hear after the watermark is embedded. The Robustness against attack is proven with the BER against MP3 Compression attack at 128k bitrate have the result of 0.1 which is still a good result.

Keywords : Audio Watermark, DCT, QIM, Centroid.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang sangat cepat memudahkan kita untuk bertukar informasi dalam bentuk digital. Kemudahan ini juga dapat mengarah kepada meningkatnya pencurian hak cipta data digital. Bentuk dari data digital ini dapat berupa teks, suara atau musik, gambar maupun video.

Audio sebagai salah satu bentuk dari data digital telah menjadi sebuah bagian penting di dunia telekomunikasi. Pada kehidupan sehari-hari audio digital dapat di temukan pada benda-benda disekitar seperti radio dan telpon. Jeni dari audio digital ini juga bermacam-macam seperti MP3 (*Moving Pictures Experts Group, Audio Layer 3*), WAV (*Waveform*), *Ogg Vorbis*, MIDI. Karena mudahnya untuk mengakses data audio di internet sekarang ini, penyalahgunaan hak cipta untuk data audio tersebut dan penyebaran secara ilegal dapat terjadi. Efek dari tindakan ini tentunya akan merugikan pemilik asli dari audio tersebut apabila data tersebut disalahgunakan.

Penyalahgunaan hak cipta tentunya akan memaksa para pemilik data atau pihak yang berkaitan untuk menciptakan sebuah metode untuk melindungi hak cipta data digital tersebut dari tangan yang tidak bertanggung

jawab. Untuk melindungi hak cipta, metode yang digunakan haruslah dapat menyimpan hak cipta dari data tersebut meskipun audio yang dilindunginya telah rusak oleh serangan proses sinyal.

Salah satu metode untuk melindungi hak cipta dari data digital adalah *digital watermarking*[1]. *Digital Watermarking* adalah sebuah teknik yang menanamkan informasi kedalam data digital lainnya seperti suara, gambar atau video[2]. Teknik *digital watermarking* dipilih karena memiliki tiga keunggulan dalam keamanan data, yakni ketahanan data (*robustness*), Tidak dapat dilihat atau didengar oleh indra manusia (*imperceptibility*), dan juga keamanan dari data tersebut (*safety*)[1].

Metode *Discrete Cosine Transform* atau DCT ada metode yang sudah cukup terkenal untuk riset watermarking Metode ini dapat medekomposisi sinyal kedalam tiga frekuensi yang berbeda. Ketiga frekuensi yang berbeda adalah frekuensi rendah, frekuensi tengah dan frekuensi tinggi[3]. Frekuensi tengah dipilih untuk mendapatkan ketahanan terhadap serangan yang baik dan transparansi.[4]. Pada referensi [5] model campuran Gaussian di masukkan kedalam pengklasifikasian dan identifikasi masalah dari proses sinyal audio. Berdasarkan hal ini, perhitungan centroid dalam spektrum frekuensi menjadi satu parameter dengan karakteristik yang stabil [6].

Pada riset yang dilakukan Paliwal [7], di indkasikan bahwa Sub-band Spectrum Censored (SSC) merupakan yang paling mendekati puncak dari spektrum. Puncak katup dari spectrum memiliki pengaruh yang relative kecil saat telah di tempelkan, sehingga dapat di simpulkan bahwa spektrum centroid merupakan salah satu faktor yang berpengaruh untuk di sisipkan audio watermark [8].

Metode yang digunakan pada jurnal ini adalah DCT dan centroid dengan penyisipan oleh QIM. Tujuan dari penggunaan teknik tersebut adalah untuk menciptakan sistem watermarking yang tahan terhadap serangan, stabil dan memiliki kapasitas yang tinggi. Secara singkat host audio akan diubah kedalam domain frekuensi dan kemudian centroid dari host audio akan di cari dan lalu disisipkan watermark dengan metode QIM.

Pada jurnal ini terdapat beberapa bagian. Bagian 2 akan menjelaskan dasar teori yang dipakai dalam penelitian ini, dimana teori dari semua metode yang dipakai akan dijelaskan. Bagian 3 akan menjelaskan model dari sistem watermarking yang dirancang, menjelaskan proses penyisipan dan proses ekstraksi serta serangan yang di berikan. Bagian 4 akan menjelaskan hasil dan analisis berdasarkan dari output sistem yang dirancang dan bagian 5 adalah kesimpulan dari jurnal ini.

2. Dasar Teori

Pada bagian ini gambaran dasar untuk metode yang digunakan dalam sistem watermarking ini di tampilan. Metode-metode ini terdiri dari DCT sebagai metode transformasi untuk audio watermarking, metode centroid dan QIM sebagai metode pada penyisipan.

2.1 Discrete Cosine Transform (DCT)

DCT adalah transformasi yang merepresentasikan sinyal dalam bentuk susunan koefisien yang didapat dari jumlah fungsi kosinus yang beresilasi pada frekuensi dan amplituda yang berbeda. Seperti metode transformasi lainnya, DCT di aplikasikan untuk menghapus korelasi antar elemen sinyal .Untuk sinyal diskrit satu dimensi dengan panjang N,dapat di nyatakan sebagai berikut. [4]:

$$C(m) = a(m) \sum_{n=0}^{N-1} f(n) \cos \left[\frac{\pi(2n+1)m}{2N} \right] \quad (2.1)$$

Dimana $m=0,1,2,\dots,N-1$. Kemudian untuk sinyal 1 dimensi, reverse DCT dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(n) = \sum_{m=0}^{N-1} a(m) C(m) \cos \left[\frac{\pi(2m+1)n}{2N} \right] \quad (2.2)$$

Pada (2.1) dan (2.2), untuk $m=0,1,2,\dots,N-1$, Dan untuk $a(m)$ sebagai berikut.

$$a(m) = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{N}}, & \text{if } m = 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}}, & \text{if } m \neq 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

Kemampuan untuk mengkompresi energi dari sinyal ke dalam beberapa koefisien, merupakan salah satu kriteria untuk membandingkan performa dalam transformasi. Dalam kemampuan kompresi, DCT adalah salah satu yang terbaik sehingga, ketika kuantisasi, transformasi ini dapat mengabaikan koefisien dengan amplitude yang rendah tanpa mengurangi tingkat akurasi dalam proses rekonstruksi sinyal dari bentuk koefisiennya [5].

2.2 Quantization index modulation (QIM)

Metode QIM ada metode dimana sinyal host akan terkuantisasi dengan karakteristik dari watermark dengan satu atau dua urutan quantizers, setiap quantizers ini memiliki indeks nya masing-masing [9]. Formula dari metode ini terdiri dari w sebagai bit dari watermark, k sebagai indeks kuantisasi dan n adalah nomor bit kuantisasi, dari beberapa variabel tadi maka formula untuk proses penyisipan sebagai berikut [10]:

$$F'(0) = \begin{cases} A_k, & \text{if } w = 1 \text{ and } \arg \min |F(0) - A_k| \\ B_k, & \text{if } w = 0 \text{ and } \arg \min |F(0) - B_k| \end{cases} \quad (2.4)$$

$$A_k = \Delta \left(2k + \frac{1}{2} \right); B_k = \Delta \left(2k - \frac{1}{2} \right); k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (2.5)$$

F(0) adalah variabel amplitude dari sinyal audio host sebelum di sisipkan, sedangkan F'(0) adalah amplituda setelah di kuantisasi. Adapun Δ dapat di definisikan sebagai berikut:

$$\Delta = \frac{1}{2^{nbit-1}} \quad (2.6)$$

Sedangkan untuk proses Ekstraksi Formula yang digunakan sebagai berikut.

$$\tilde{V}(k) = \text{mod} \left(\text{ceil} \left(\frac{F'(0)}{\Delta} \right), 2 \right) \quad (2.7)$$

2.3 Centroid

Secara singkat Centroid adalah titik kesetimbangan dari vector atau pusat gravitasi dari sebuah spectrum. Centroid dapat di hitung dengan menggunakan rumus berikut. [11].

$$C_i = \frac{\sum_{k=1}^{fL} k \cdot X_i(k)}{\sum_{k=1}^{fL} X_i(k)} \quad (2.8)$$

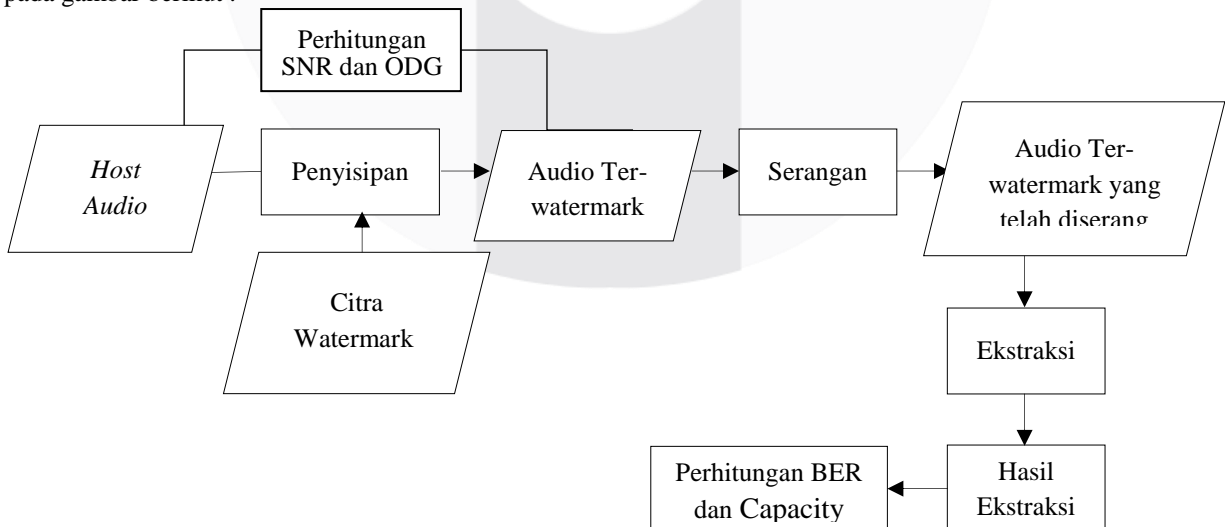
Dimana nilai fL merupakan banyak data dalam satu frame dan nilai Xi(k) bisa di dapatkan dari rumus berikut.

$$X_i(k) = f(k) \quad (k = 1, 2, 3, \dots, fL) \quad (2.9)$$

C_i adalah informasi posisi centroid berada dan k merupakan urutan bin yang memuat amplituda dari sinyal suara pada frame tersebut.

3. Model Audio Watermarking

Pada jurnal ini, skema dari sistem audio watermarking yang dirancang secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut .

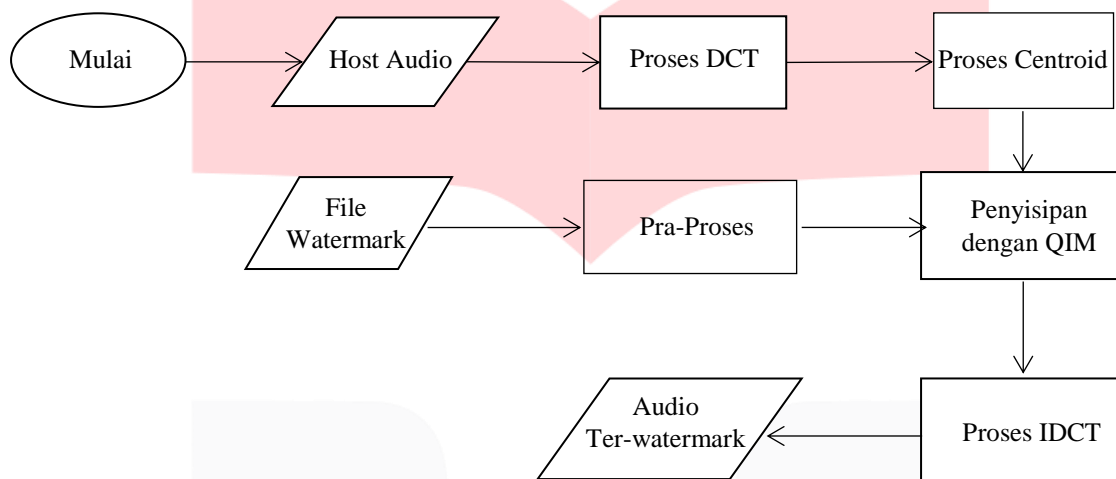


Gambar 3.1 General Audio Watermarking.

Pada gambar 3.1 adalah gambaran dari sistem secara keseluruhan, proses pertama yang dilakukan adalah proses penyisipan kemudian keluaran dari proses akan diberikan serangan. Proses ekstraksi dilakukan setelah audio mendapat serangan. Inti dari proses ini ada pada kedua proses yakni proses ekstraksi dan proses penyisipan.

3.1 Proses Penyisipan

Proses penyisipan (Embedding) dilakukan dengan memilih 1 dari 5 host Audio yang telah disiapkan sebelumnya dan memprosesnya sebelum dapat melalui proses selanjutnya, kemudian file tersebut akan melewati proses DCT yang kemudian file watermark yang telah di transformasi di sisipkan ke Audio Centroid dari file host. Gambaran Proses embedding pada tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut..



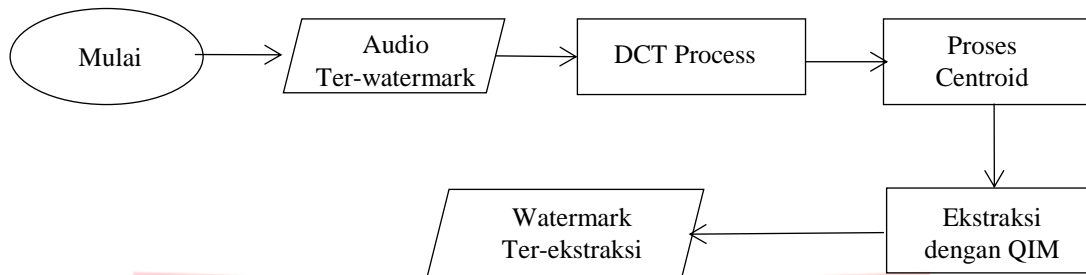
Gambar 3.2 Proses Penyisipan

- Langkah 1 Membaca host audio dan mengubahnya ke matriks dimensi satu lalu melakukan proses framing terhadap host audio.
- Langkah 2 Host audio yang telah diubah akan diubah domainnya dengan metode DCT dengan menggunakan rumus pada (2.1). Keluaran dari proses ini adalah file host yang telah berada pada domain frekuensi.
- Langkah 3 Dengan menggunakan rumus metode centroid dari (2.8). Letak centroid dari host file yang telah di transformasi akan dicari. Tujuan dari pencarian centroid host audio ini adalah untuk mencari posisi yang tepat untuk penyisipan watermark
- Langkah 4 Watermark yang digunakan adalah gambar dengan resolusi 20x20 pixel. Matriks dari watermark ini adalah dua dimensi sehingga pada pra-proses watermark akan diubah menjadi matriks satu dimensi.
- Langkah 5 Proses penyisipan akan menggunakan metode QIM, setelah centroid dari host audio ditemukan. Watermark yang sebelumnya telah diubah satu per-satu bitnya akan disisipkan ke host audio pada centroid dari host audio tersebut dengan metode QIM menggunakan rumus dari (2.4).
- Langkah 6 Setelah menyisipkan informasi watermark kedalam host audio, file host akan melalui proses reverse-DCT yaitu proses untuk mengembalikan bentuk file host menjadi audio. Proses ini akan menggunakan rumus dari (2.2) dimana keluarannya merupakan file suara.

3.2 Proses Ekstraksi

Pada proses Ekstraksi, audio ter-watermark akan di analisis kualitasnya terhadap audio host dan watermark yang disisipkan. Audio ter-watermark juga akan di berikan beberapa macam serangan

untuk menguji ketahanan dari sistem yang dirancang. Keseluruhan dari proses ekstraksi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.3 Proses Ekstraksi

- | | |
|-----------|---|
| Langkah 1 | Audio ter-watermark akan di transformasi ke matriks satu dimensi dan melalui pra proses lainnya sebelum dapat di proses dengan metode DCT. |
| Langkah 2 | File host yang telah di proses akan di transformasi ke domain frekuensi sesuai dengan rumus dari (2.1). Keluaran dari proses ini adalah file host pada domain frekuensi. |
| Langkah 3 | Sebelum melakukan proses ekstraksi maka posisi watermark disisipkan perlu diketahui. Proses centroid menggunakan rumus sesuai dari (2.8) untuk menemukan centroid dari host. |
| Langkah 4 | Setelah mendapatkan centroid dari host file, watermark yang disisipkan sebelumnya akan diekstraksi. Proses ini berlangsung dengan menggunakan rumus sesuai pada (2.7) untuk meng-ekstrak watermark dengan metode QIM. Keluaran dari proses ini berupa file informasi citra yang telah disisipkan. |
| Langkah 5 | Informasi file citra watermark yang didapat akan di rekonstruksi kembali menjadi file citra dengan resolusi sama dengan aslinya yaitu 20x20 sebelum akhirnya akan digunakan untuk mengukur parameter kualitas dari sistem watermarking yang dirancang. |

3.3 Serangan

Dalam audio watermarking terdapat banyak jenis serangan. Tujuan dari dilakukannya pemberian serangan pada pengujian adalah untuk mengetahui ketahanan dari sistem yang dibuat terhadap jenis serangan tersebut. Pada jurnal ini sistem yang dirancang diuji ketahanannya terhadap beberapa serangan seperti. *resampling*, *Time-Scale Modification*, *Filtering* dan *Kompresi*. *Resampling* adalah serangan yang dapat mengubah *sample rate* dari audio. *Time-Scale Modification* adalah proses yang dapat berupa pelebaran atau kompresi terhadap skala waktu antara 2 *extrema* sinyal audio [12].

Jenis serangan filtering dan resampling cenderung memfokuskan serangannya pada *sub-bands* tertentu dan terdapat kemungkinan watermark yang disisipkan terdapat pada *sub-bands* yang diserang tersebut [13]. Dengan rancangan yang baik, sistem watermarking yang dirancang haruslah dapat menahan serangan ini.

4. Hasil dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 file audio sebagai sinyal host yaitu: Percakapan, instrumen Drum, Instrumen Gitar, Instrumen Piano dan Instrumen Violin yang di sampling pada 44100Hz dengan watermark berupa citra biner dengan ukuran 20x20. Watermark akan di konversi kedalam matriks satu dimensi sebelum akhirnya di sisipkan kedalam host audio. Parameter utama dari sistem ini yaitu bit kuantisasi, Nframe dan nbit.

4.1 Parameter terbaik tanpa serangan dan optimasi.

Parameter terbaik yang didapat pertama adalah sebagai berikut:

- Bit kuantisasi 32
- Nframe 1024
- nbit 3.

Parameter terbaik ini didapatkan dari pengujian terhadap host audio pada kondisi tanpa serangan dan optimasi. Hasil dari menggunakan parameter ini kepada semua host audio adalah sebagai berikut.

Tabel.1 Rata-rata BER dengan parameter terbaik tanpa serangan.

Host Audio	BER
Percaakapan	0.463
Instrumen Drum	0.4795
Instrumen Gitar	0.4795
Instrumen Piano	0.431
Instrumen Violin	0.471833333

4.2 Parameter terbaik dengan serangan dan optimasi.







Sesuai dengan hasil dari parameter terbaik sebelumnya, dapat dinyatakan bahwa hasil BER rata-rata yang didapat masih kurang baik sehingga perlu dioptimasi untuk mendapatkan parameter baru. Hasil dari proses optimasi didapatkanlah parameter sebagai berikut.








Tabel.2 Parameter terbaik dengan serangan dan optimasi

Bit	N Frame	nbit	ODG	SNR	BER
32	128	4	-3.8797	23.6658	0.2475

Dengan menggunakan parameter diatas, Hasil dari pengujian terhadap serangan dengan host audio piano dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel.3 Perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan parameter terbaik dengan optimasi.

Serangan	Parameter Serangan	BER(Sebelum)	BER(Sesudah)	Watermark Ter-ekstraksi
BPF	100-6k	0.4225	0.265	
	50-6k	0.41	0.2425	
	25-6k	0.405	0.245	
Resampling	22.05k	0.3925	0.2275	
	11.025k	0.38	0.2475	
	16k	0.3975	0.2775	

TSM	1%	0.46	0.2	
	2%	0.485	0.3725	
	4%	0.485	0.43	
Kompresi MP3	32k	0.3825	0.36	
	64k	0.4375	0.435	
	128k	0.4175	0.4	
	192k	0.4	0.3225	

4.3 Mean Opinion Score (MOS)

MOS adalah salah satu parameter pengujian untuk mengukur kualitas suatu *sistem audio watermarking* secara subjektif dengan membandingkan host audio sebelum dan sesudah disisipkan watermark. Pengujian dilakukan dengan bantuan 30 responden untuk mendengar lima host asli sebelum disisipkan watermark dan sesudah disisipkan watermark. Penilaian MOS memiliki skala 1 hingga 5 untuk kualitas audio ter-watermark, dimana 1 untuk audio ter-watermark dengan kualitas yang sangat buruk dan 5 untuk audio ter-watermark yang sangat mirip dengan aslinya. Pada pengujian ini didapatkan hasil rata-rata MOS mendekati 3 yang berarti kualitas audio ter-watermark dari sistem masih cukup buruk. Berikut tabel hasil MOS dengan SNR dan.

Tabel.4 Rata-rata MOS, ODG dan SNR setiap host audio.

Host Audio	MOS	SNR	ODG
Percakapan	2.766667	17.0007	-3.7154
Drum	3.933333	33.4893	-0.99249
Gitar	2.966667	19.0177	-2.8218
Piano	2.566667	23.6658	-3.8797
Violin	2.633333	16.4501	-3.8805

5. Kesimpulan

Centroid merupakan bagian penting dari spektrum audio dalam audio watermarking, bagian ini memiliki tingkat kestabilan yang cukup baik dan merupakan bagian yang dekat dengan konten dari audio. Berdasarkan beberapa alasan dan studi literatur yang telah dilakukan, sebuah sistem watermarking berbasis DCT dengan metode centroid dirancang pada jurnal ini. Secara teori sistem yang dirancang memiliki stabilitas yang cukup baik terhadap beberapa serangan yang sudah umum pada watermarking dan memiliki kapasitas yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan metode DCT saja.

Hasil dari pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan sistem watermarking yang dirancang masih jauh dari hasil yang diharapkan untuk sebuah sistem watermarking yang baik, kesimpulan ini didasarkan dari hasil BER yang masih jauh dari 0 dan beberapa host audio yang masih memiliki nilai SNR dibawah 20dB. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambah beberapa metode untuk meningkatkan hasil dari sistem terhadap serangan dan juga metode untuk membantu proses optimasi agar mendapatkan parameter yang benar-benar baik.

Daftar Pustaka

- [1] W. Y. Cheng and S. Y. Huang, Digital Watermarking Using DCT Transformation, 2000.
- [2] A. J. R and S. Ayyappan, "Comparison of digital watermarking techniques," 2014 International Conference on Computation of Power, Energy, Information and Communication (ICCPEIC), 2014.
- [3] V. Tomar, V. Tomar and A. Choudhary, "Conception & Implementation of a Novel Digital Image Watermarking Algorithm using Cascading of DCT and LWT," 2014 International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology, pp. 501-505.
- [4] H. Nikmehr and S. Hashemy, "A new approach to audio watermarking using discrete wavelet and cosine transforms," pp. 1-10, 2010.
- [5] A. Ramalingam and S. Krishnan, "Gaussian mixture modeling using short time fourier transform features for audio fingerprinting," IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME'2005), pp. 1146-1149, 2005.
- [6] Q. Zhang, Z. Liu and Y. Huang, "Adaptive Audio Watermarking Algorithm Based on Sub-band Feature," Journal of Information & Computational Science, vol. 2, no. 2, pp. 305-314, 2012.
- [7] K. K. Paliwal, "Spectral subband centroid features for speech recognition," International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, pp. 617-620, 1998.
- [8] Ahmed, T. Natarajan and K. Rao, "Discrete cosine transform," IEEE Transactions on Computers, Vols. c-23, no. no.1, pp. 90-93, 1974.
- [9] S. P. S. Chauhan and S. A. M. Rizvi, "A survey: Digital Audio Watermarking Techniques and Applications," 4th International Conference on Computer and Communication Technology (ICCT), 2013.
- [10] C. Brian and G. Wornell, "Quantization Index Modulation Methods for Digital Watermarking and Information Embedding of Multimedia," Journal of VLSI Signal Processing, no. 27, pp. 7-33, 2001.
- [11] W. Guo-min, Z. Yue-ting, W. Fei and P. Yun-he, "Adaptive audio watermarking based on SNR in localized regions," Journal of Zhejiang University SCIENCE, pp. 53-57, 2005.
- [12] K. H. Bann, V. M. Harna and V. M. Jain, "EMD Based Audio Watermarking With TSM Attack," IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE), vol. 12, pp. 74-78, 2017.
- [13] N. Cvejic and T. Seppanen, "Robust Audio Watermarking in Wavelet Domain Using Frequency Hopping and Patchwork Method," Proceedings of the 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, 2003.