

ANALISIS OPTIMASI DIGITAL AUDIO WATERMARKING DENGAN TEKNIK SINGULAR VALUE DECOMPOSITION DAN QUANTIZATION INDEX MODULATION BERBASIS LIFTING WAVELET TRANSFORM MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA

ANALYSIS OPTIMIZATION DIGITAL AUDIO WATERMARKING WITH SINGULAR VALUE DECOMPOSITION AND QUANTIZATION INDEX MODULATION BASED LIFTING WAVELET TRANSFORM USING GENETIC ALGORITHM

Rendy Pratama Yuda¹, Gelar Budiman S.T., M.T.², Azizah S.T., M.T.³

^{1,2,2} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rendypratamax@student.telkomuniversity.ac.id, ²gelarbudiman@gmail.com, ³azizah@gmail.com

ABSTRAK

Pada perkembangan teknologi digital yang sangat pesat ini, telah mempermudah pengguna layanan internet untuk mengakses, menyalin, dan mengunggah suatu informasi media digital seperti teks, gambar, audio, dan video pada internet. Kemudahan inilah yang membuat penyedia atau pemilik sebuah konten audio digital khawatir dengan maraknya pembajakan yang dilakukan oleh beberapa orang yang tidak memiliki hak akan konten tersebut. Salah satu solusi yang tepat untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menggunakan teknik digital *watermarking*.

Dalam tugas akhir ini proses watermarking menggunakan metode LWT (Lifting Wavelete Transform), SVD (Singular Value Decomposition), QIM (Quantization Index Modulation), dan Algoritma Genetika. Audio pada penelitian ini menggunakan format (*wav.file). *Host* audio akan melalui metode LWT yang berfungsi untuk memisahkan *host* audio ke dalam domain sinyal rendah dan sinyal tinggi untuk menentukan tempat penyisipan data *watermark*. Kemudian pada proses SVD bertugas untuk memberikan ketahanan pada skema penyisipan yang digunakan. Pada proses penyisipan akan dilakukan menggunakan metode QIM yang kemudian diuji dengan beberapa serangan seperti BPF, *resampling*, *time scale modification*, dan lain-lain. Lalu hasilnya akan dioptimasi menggunakan algoritma genetika agar mendapatkan hasil yang optimal.

Penelitian yang akan dilakukan dengan metode-metode tersebut, diharapkan mampu menghasilkan *watermarked audio* yang berkualitas dan tahan terhadap berbagai serangan. Kualitas *audio watermark* yang baik dapat dilihat dari nilai *Objective Difference Grade* (ODG) yang mendekati 0 dan *Signal to Noise Ratio* (SNR) yang paling tidak bernilai 20 dB. Selain itu, ketahanan data *watermark* dapat dilihat dari nilai *Bit Error Rate* (BER) yang mendekati 0.

Kata Kunci: *Digital Audio Watermarking, Lifting Wavelet Transform, Spread Spectrum, Fast Fourier Transform, Algoritma Genetika.*

ABSTRACT

In the development of digital technology very rapidly, enables internet users to access, copy, and upload a digital media information such as text, images, audio, and video on the Internet. Ease is what makes providers

and owners of digital audio content concerned with rampant piracy committed by some people who do not have a right to the content. One of the right solutions to solve the problem is to use watermarking digitak techniques.

In this final project the watermarking process using LWT (*Lifting Wavelete Transform*), SVD (*Singular Value Decomposition*), QIM (*Quantization Index Modulation*), and Genetic Algorithm. Audio in this research using format (*wav.file). The audio host will be via LWT method which serves to separate the audio host into the low signal domain and high signal to determine where the watermark data insertion is inserted. Then in the SVD process it is tasked to provide resilience to the insertion scheme used. In the insertion process will be done using QIM method which is then tested with several attacks such as BPF, resampling, time scale modification, and others. Then the results will be optimized using genetic algorithm in order to get optimal results.

The result of this final project is a watermarked audio that have good quality and high robustness. The good quality can be seen from Objective Different Grade (ODG) value that should near to 0, and Signal to Noise Ratio (SNR) value that at least 20 dB.. Beside that, the robustness of watermark can be seen from Bit Error Rate (BER) value that should near to 0.

Keywords: Digital Audio Watermarking, Lifting Wavelet Transform, Spread Spectrum, Fast Fourier Transform, Genetic Algorithm.

1. Pendahuluan

Pada perkembangan teknologi digital yang sangat pesat ini, telah mempermudah pengguna layanan internet untuk mengakses, menyalin, dan mengunggah suatu informasi media digital seperti teks, gambar, audio, dan video pada internet. Kemudahan inilah yang membuat penyedia dan pemilik sebuah konten audio digital khawatir dengan maraknya pembajakan yang dilakukan oleh beberapa orang yang tidak memiliki hak akan konten tersebut. Pada penelitian kali ini metode yang digunakan berbasis *Lifting Wavelet Transform* dengan *Singular Value Decomposition*.

Alasan penggunaan metode tersebut berdasarkan dari penelitian [1] dijelaskan, bahwa menggunakan LWT mampu mengurangi kehilangan informasi, meningkatkan keutuhan tanda *watermark* dan membantu meningkatkan ketahanan tanda *watermark*. Dan juga SVD mampu memberikan akurasi yang baik, robustness yang baik, imperceptibility yang baik dalam menyelesaikan kepemilikan citra watermark yang sah [2]. Kemudian untuk penyisipan pada penelitian ini menggunakan metode QIM. Pada penelitian [3] dijelaskan, bahwa Teknik QIM sangat berguna di bidang watermarking, karena tidak hanya dapat mencapai kinerja yang baik terhadap kapasitas, ketahanan dan distorsi tradeoff, juga merupakan teknik yang sangat sederhana untuk diimplementasikan, sehingga memiliki kompleksitas yang rendah.

Kemudian penelitian yang akan dibuat menggunakan algoritma genetika, alasan menggunakan algoritma genetika karena seperti yang sudah dilakukan pada penelitian [4], bahwa Dengan adanya optimasi genetik dengan mekanisme panjang variabel, skema algoritma genetika tidak hanya menjamin kualitas sinyal audio yang watermark tetapi juga dapat meningkatkan kualitasnya secara efektif untuk memperbaiki ketahanan. Perbedaan dari penelitian penelitian terkait sebelumnya adalah penggunaan LWT dengan penambahan teknik SVD sebagai dekomposisi nilai singular. Kemudian pada proses penyisipan menggunakan metode QIM karena metode QIM ini sangat sederhana untuk diimplementasikan. Dari hal tersebut dapat disimpulkan penggunaan metode algoritma genetika mampu mengoptimalkan kinerja sistem sehingga dapat memberikan

ketahanan dari beberapa serangan seperti BPF, *resampling*, *Time Scale Modification* dan lainnya sehingga menghasilkan tingkat ketahanan yang tinggi.

2. Dasar Teori

2.1 Digital Watermarking

Digital Watermarking merupakan suatu cara untuk menyisipkan suatu data atau informasi bisa berupa text, citra, audio (bersifat umum atau rahasia) ke dalam suatu *host* tetapi tidak dapat diketahui keberadaannya oleh panca indera yang diharapkan dapat tahan terhadap berbagai macam serangan tertentu. *Audio watermark* digital dapat digunakan untuk tujuan berbeda, salah satunya termasuk untuk mencatat informasi pemilik hak cipta, informasi label atau rumah produksi, dan mengidentifikasi pemilik berkas suara [5].

2.2 Lifting Wavelet Transform

Lifting Wavelet Transform merupakan bentuk lain serta kemajuan dari metode *discrete schame* yang dikenalkan oleh Wim Sweldens [7]. *Lifting Wavelet Transform* membutuhkan tiga fasa untuk mengimplementasikannya, yaitu: *split*, *predict*, *update* [8].

Split memiliki persamaan berikut : $X_o = x[2n + 1]$ dan $X_e = x[2n]$

Predict memiliki persamaan berikut : $d[n] = X_o[n] - P(X_e[n])$

Update memiliki 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 dibentuk.

2.3 Sinngular Value Decomposition

Salah satu metode yang digunakan dalam *watermarking audio* adalah *Singular Value Decomposition*. Definisi SVD secara umum merupakan suatu teknik dalam analisis numerik yang dapat digunakan untuk “mendiagonalkan” matriks. SV mengurai data masukan menjadi tiga bagian matriks, yaitu [10]:

$$U * S * V^T = SVD(I)$$

Dimana I adalah sinyal input, kemudian sinyal input akan terdekomposisi ke matriks U, matriks V, dan matriks diagonal S yang memiliki nilai eigen [10]. Dengan mendekomposisikan nilai eigen, akan mendekomposisikan suatu matriks menjadi 2 matriks yang sederhana, sedangkan pada SVD akan mendekomposisi suatu matriks menjadi 3 matrik sederhana yaitu 2 matriks orthogonal dan 1 matriks diagonal.

2.4 Quantization Index Modulation

Metode Quantization Index Modulation pertama kali diusulkan untuk teknik watermarking oleh Chen dan Gregory W. Wornell pada tahun 1999. Metode QIM merupakan sebuah metode penyisipan yang memanfaatkan proses kuantisasi pada sinyal host yang biasanya suatu data watermark disisipkan pada nilai maksimal/ekstrim suatu sinyal. Kemudian metode ini dapat dilakukan pada domain waktu dan domain frekuensi. Prosedur penyisipan dan ekstrasi pun cukup sederhana pada metode ini.

Adapun persamaan untuk melakukan teknik penyisipan menggunakan QIM adalah sebagai berikut:

$$F'(0) = \begin{cases} Ak, & w = 0 \text{ and } \arg \min |F(0) - Ak| \\ Bk, & w = 1 \text{ and } \arg \min |F(0) - Bk| \end{cases}$$

dimana:

$$A_k = (2k + \frac{1}{2}) \Delta ; B_k = (2k - \frac{1}{2}) \Delta ; \text{ dengan } k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$F'(0)$ merupakan koefisien baru dari *watermarked* audio, w adalah nilai bit *watermark* yang akan disisipkan. A_k dan B_k dipilih sesuai dengan nilai bit-bit *watermark* tersebut. Sedangkan persamaan untuk proses ekstraksi adalah:

$$\tilde{V}(k) = \text{mod}((F'(0) \Delta), 2)$$

dimana $\tilde{V}(k)$ merupakan koefisien dari bit *watermark* yang telah diekstraksi.

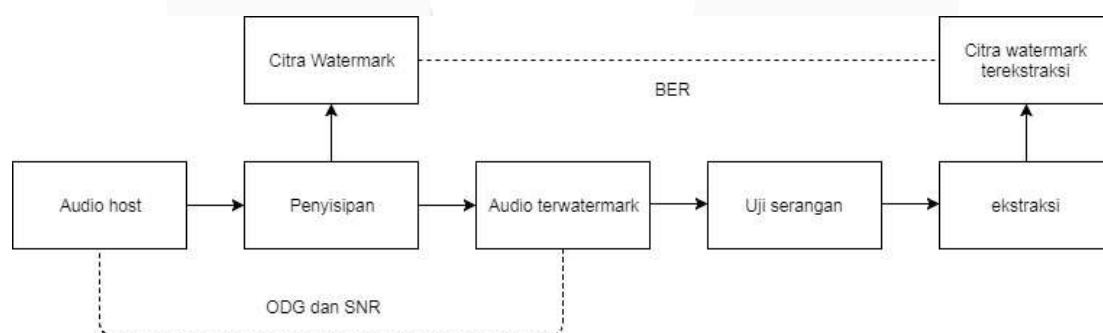
2.5 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika pertama kali diajukan oleh J.H. Holland dengan penelitiannya yang berjudul "Adaptation in natural and artificial systems" pada konferensi internasional di Universitas Michigan pada tahun 1975. Algoritma Genetika diadaptasi dari mekanisme evolusi dan genetika natural yang didasari oleh Teori Darwin. Algoritma Genetika sudah cukup banyak berperan besar untuk memecahkan masalah di berbagai macam bidang, contohnya pada bidang komunikasi, pertanian, kedokteran, dan lainnya. Pada umumnya algoritma genetika adalah algoritma pencarian yang berdasarkan pada mekanisme sistem natural yakni genetik dan seleksi alam [11]. Algoritma genetik tercipta dari suatu himpunan solusi yang dihasilkan secara acak. Himpunan tersebut disebut dengan populasi. Sedangkan setiap individu dalam populasi disebut kromosom yang merupakan representasi dari solusi. Kromosom-kromosom berevolusi dalam suatu proses iterasi yang berkelanjutan yang disebut dengan generasi [12]. Setelah beberapa generasi maka algoritma genetik akan konvergen pada kromosom terbaik, yang diharapkan berupa solusi optimal [13].

3. Pembahasan

3.1 Perancangan Sistem Pada Proses Penyisipan dan Ekstraksi

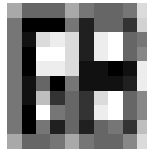
Secara keseluruhan blok diagram tahapan dari proses perancangan sistem direpresentasikan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

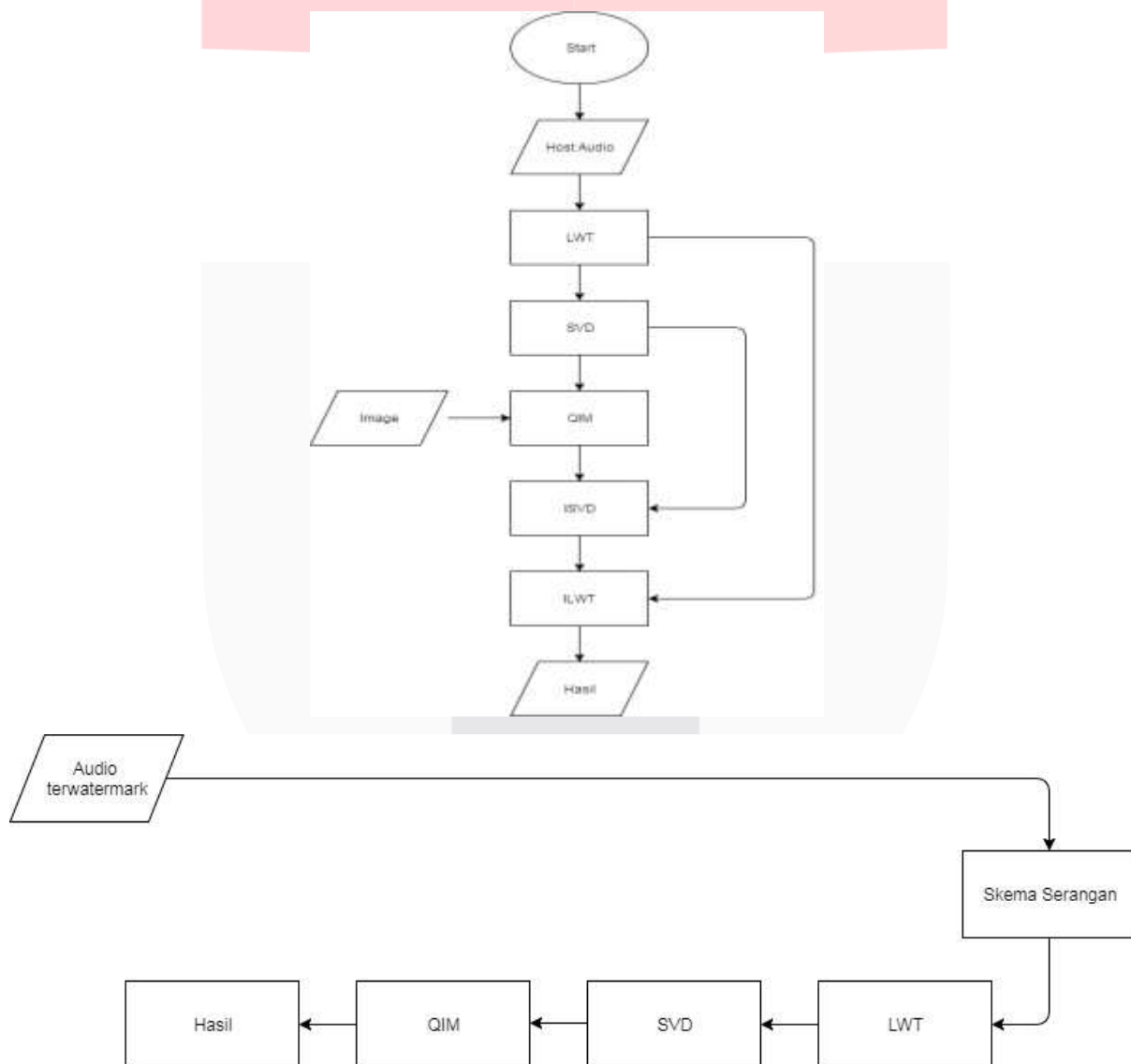
Pada penelitian ini, langkah awal yang dilakukan yaitu menyiapkan host audio dan citra watermark yang akan digunakan. Kemudian beberapa bit dari audio host akan dipilih sebagai tempat untuk menyimpan bit watermark. Metode yang digunakan untuk tempat penyisipan adalah LWT. Setelah melalui proses LWT, masuk pada proses SVD dimana hasil dari keluaran LWT akan diubah menjadi 3 bagian matriks yaitu matrik S , matrik U dan matrik V . selanjutnya diambil matrik S untuk masuk pada proses QIM. Metode QIM akan menyisipkan data biner pada nilai maksimum/ekstrim pada matrik S

tersebut. Proses penyisipan diawali dengan menyiapkan host audio dan citra watermark yang akan digunakan. Data watermark yang disisipkan berupa citra biner (hitam putih), dan host audio merupakan file *.wav. berikut merupakan gambar dari citra biner yang akan disisipkan :



Gambar 3.3 Citra Watermark

Kemudian keluaran dari QIM akan digabungkan dengan matrik U dan matrik V yang didapatkan dari keluaran SVD yang akan menghasilkan SVD *transpose*. Kemudian di transformasikan dengan ILWT dan jadilah audio ter-watermark. Berikut merupakan diagram alir proses penyisipan :



Gambar 3.2 Diagram Alir Proses Penyisipan (atas) dan Ekstraksi (bawah)

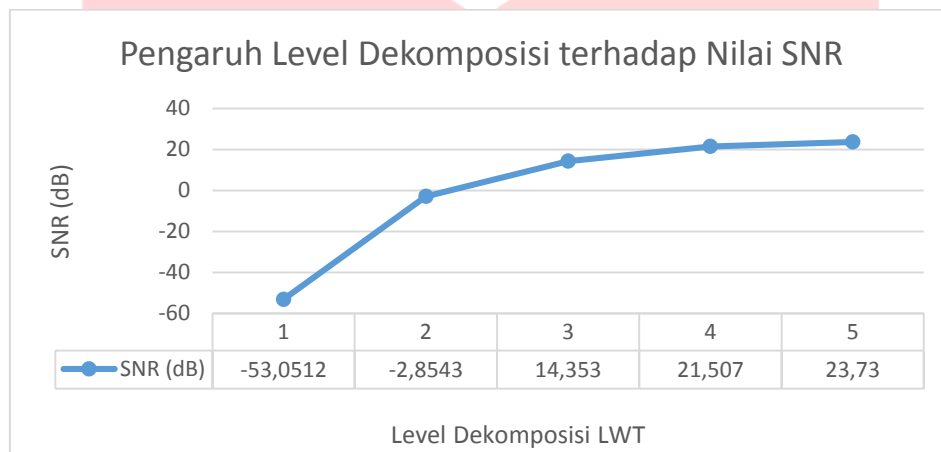
3.2 Proses Optimasi dengan Algoritma Genetika

Proses optimasi dilakukan dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika akan bekerja dengan mengevaluasi seluruh bagian dalam pembentukan watermarking, meliputi proses penyisipan, uji serangan dan ekstraksi..

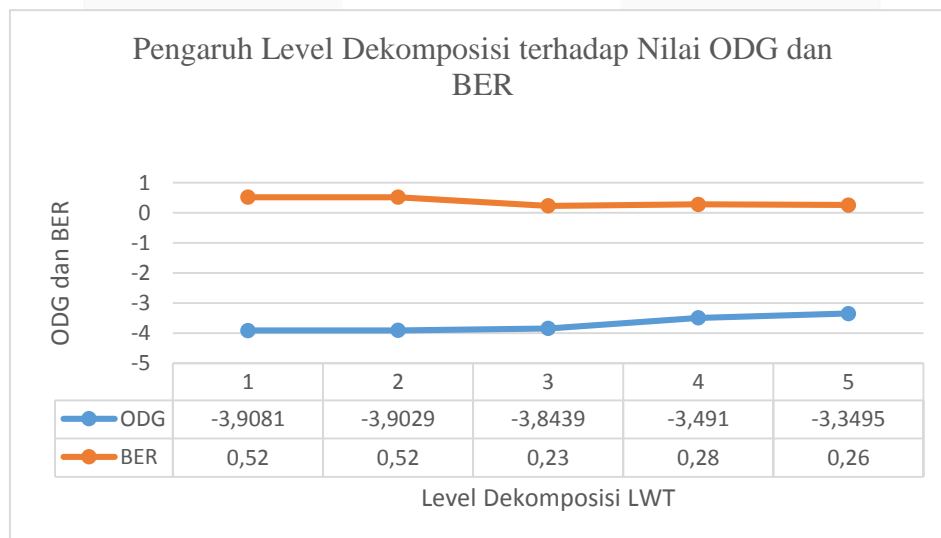
4. Analisis

4.1 Analisis Pengaruh Level LWT terhadap *Audio Watermarking*

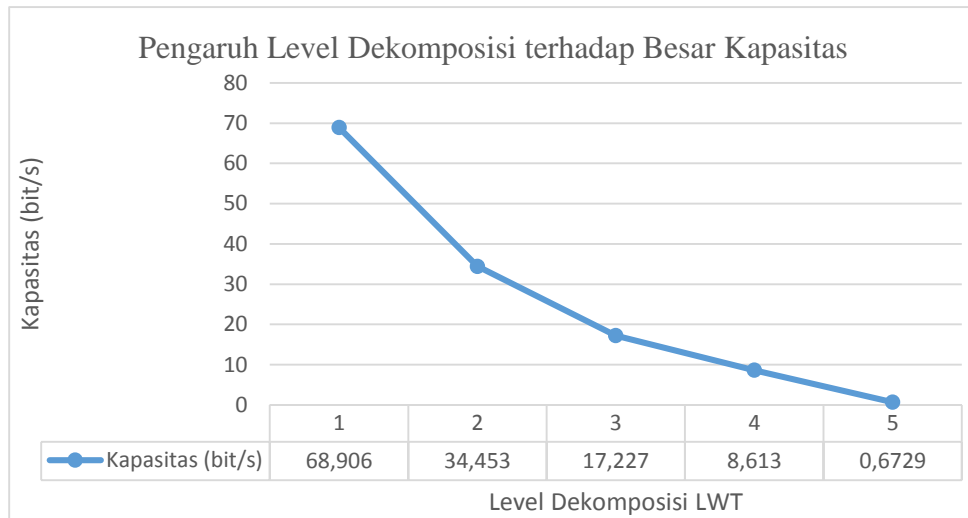
Berikut ini adalah pengaruh level LWT terhadap hasil *audio watermarking* yang dihasilkan tidak diberikan serangan dan tidak dioptimasi, hasil analisis akan diperlihatkan pada gambar 4.1, 4.2, dan 4.3.



Gambar 4.1 Grafik pengaruh *level* dekomposisi LWT terhadap SNR



Gambar 4.2. Grafik pengaruh *level* dekomposisi LWT terhadap ODG dan BER

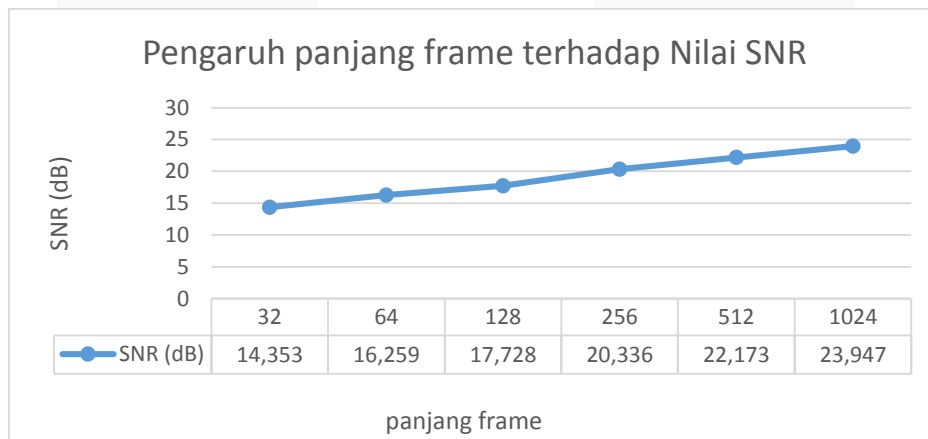


Gambar 4.3. Grafik pengaruh *level* dekomposisi LWT terhadap kapasitas

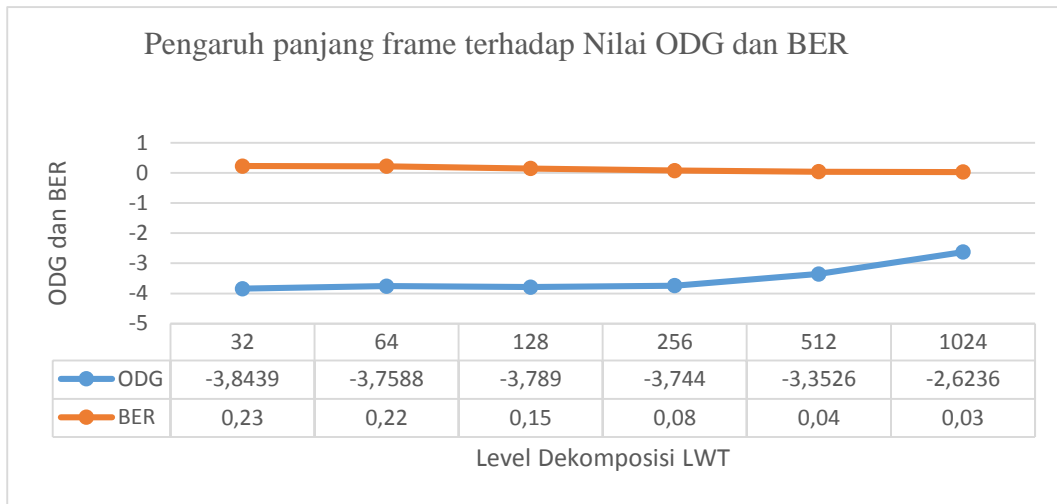
Dapat dilihat pada data yang diperoleh diatas bahwa Level LWT sangat mempengaruhi nilai SNR, BER, dan kapasitas dari *watermarked audio*. Semakin tinggi level dekomposisi, maka nilai BER dan SNR semakin baik, tetapi nilai kapasitas akan semakin rendah. Dilihat pada tabel diatas, nilai parameter ODG tidak terlalu mengalami perubahan yang cukup signifikan tetapi semakin tinggi nilai dekomposisi akan meningkatkan nilai dari parameter ODG tersebut.

4.2 Analisis Pengaruh Nilai Panjang *Frame* terhadap *Audio Watermarking*

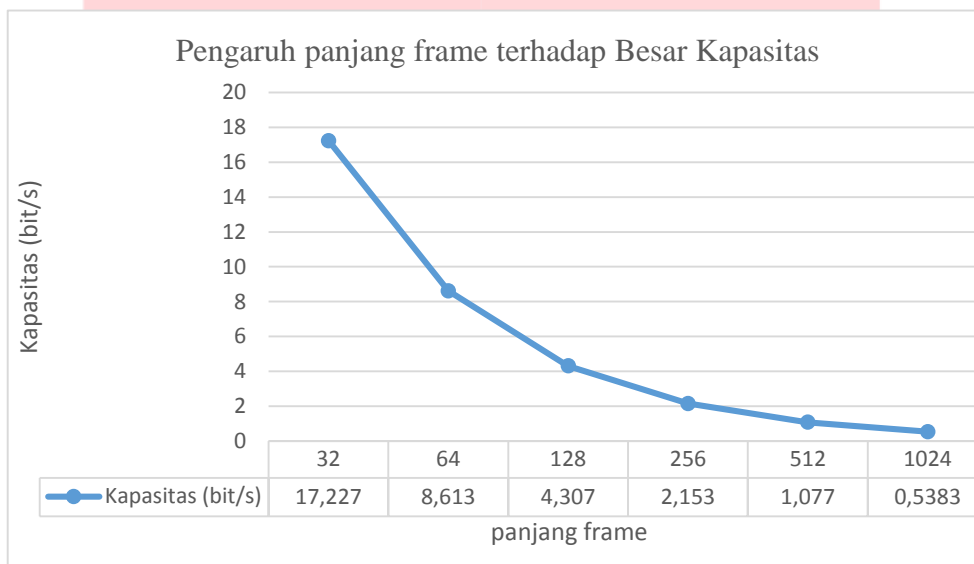
Berikut ini adalah pengaruh nilai panjang *frame* terhadap hasil *audio watermarking* yang dihasilkan. Pada pengujian ini sistem tidak diberikan serangan dan tidak dioptimasi.



Gambar 4.4. Grafik pengaruh panjang *frame* terhadap SNR



Gambar 4.5. Grafik pengaruh panjang *frame* terhadap ODG dan BER

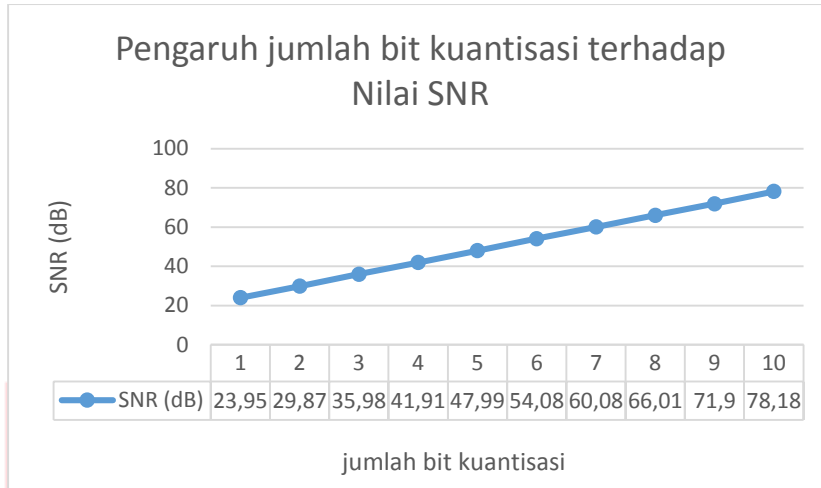


Gambar 4.6. Grafik pengaruh panjang *frame* terhadap kapasitas

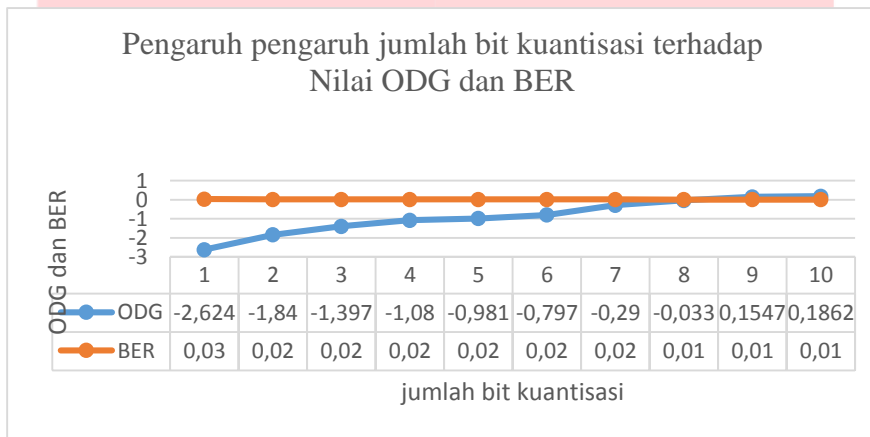
Dari data yang telah diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai N_{frame} mempengaruhi nilai SNR, ODG, BER serta kapasitas dari *watermarked audio*. Semakin besar nilai N_{frame} , maka nilai SNR akan semakin besar, sedangkan nilai BER dan kapasitas akan semakin kecil, dan nilai ODG yang cenderung tidak stabil.

4.3 Analisis Pengaruh Jumlah Bit Kuantisasi terhadap *Audio Watermarking*

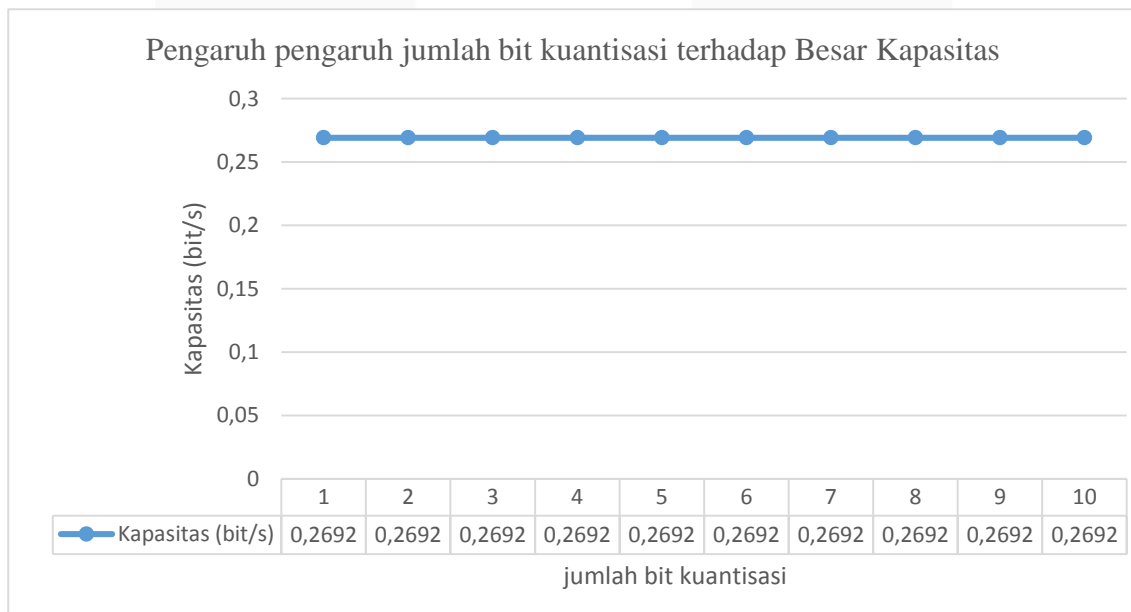
Berikut ini adalah pengaruh kedalaman bit terhadap hasil *audio watermarking* yang dihasilkan. Pada pengujian ini sistem tidak diberikan serangan dan tidak dioptimasi.



Gambar 4.7. Grafik pengaruh jumlah bit kuantisasi terhadap SNR



Gambar 4.8. Grafik pengaruh pengaruh jumlah bit kuantisasi terhadap nilai ODG dan BER

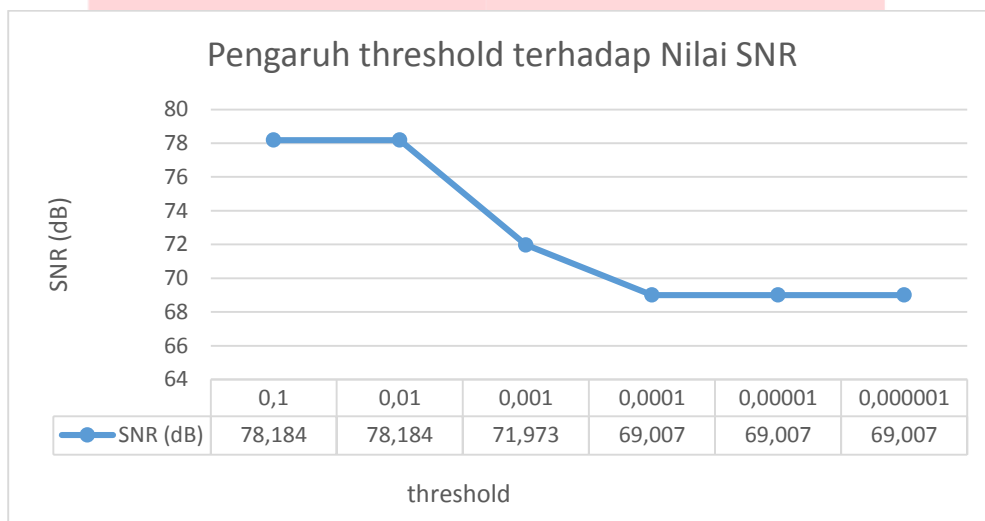


Gambar 4.9. Grafik pengaruh jumlah bit kuantisasi terhadap kapasitas

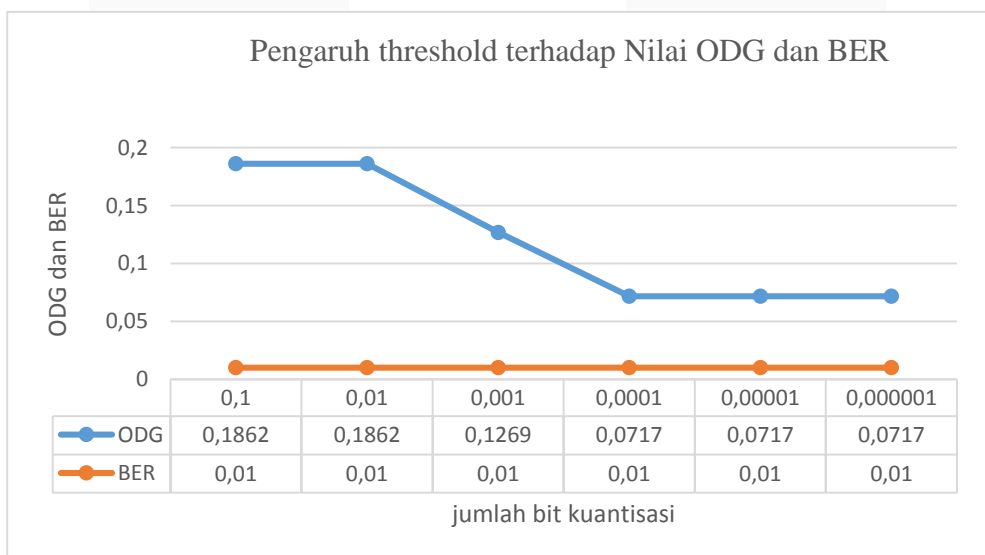
Dapat dilihat pada data yang diperoleh diatas bahwa jumlah bit kuantisasi mempengaruhi nilai SNR, BER, dan ODG dari *watermarked audio*. Semakin tinggi jumlah bit kuantisasi, maka nilai BER, ODG dan SNR semakin baik. tetapi nilai kapasitas tidak mengalami perubahan. Dilihat pada tabel diatas, nilai parameter BER tidak terlalu mengalami perubahan yang cukup signifikan tetapi semakin tinggi jumlah bit kuantisasi akan meningkatkan nilai dari parameter BER tersebut.

4.4 Analisis Pengaruh *Threshold* terhadap *Audio Watermark*

Berikut ini adalah pengaruh *threshold* terhadap hasil *audio watermarking* yang dihasilkan. Pada pengujian ini sistem tidak diberikan serangan dan tidak dioptimasi.



Gambar 4.10. Grafik pengaruh threshold terhadap nilai SNR

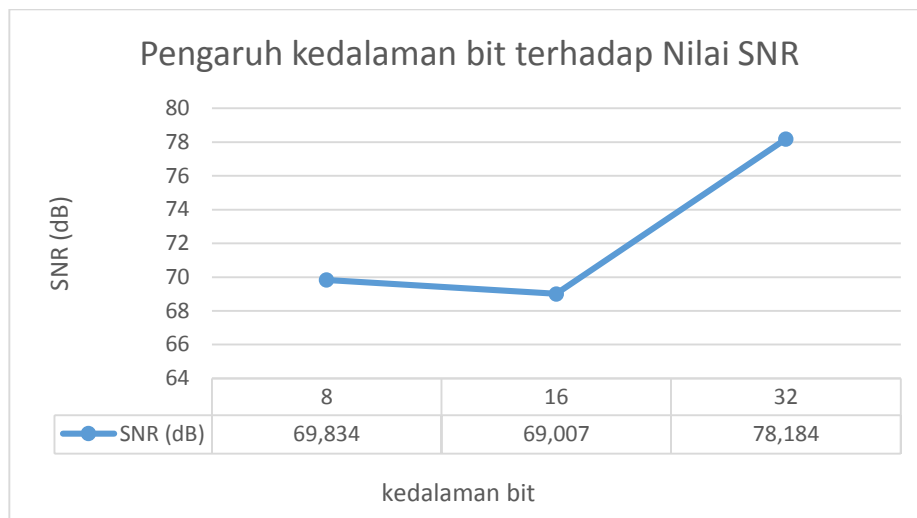


Gambar 4.11. Grafik pengaruh threshold terhadap ODG dan BER

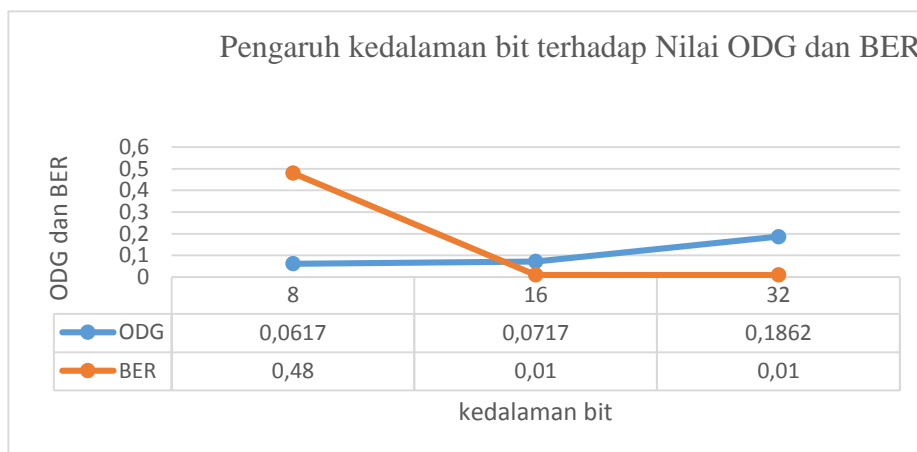
Dari data yang telah diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai *threshold* mempengaruhi nilai SNR, dan ODG dari *watermarked audio*. Dilihat pada tabel diatas, nilai *threshold* tidak mempengaruhi nilai dari parameter BER.

4.5 Analisis Pengaruh Kedalaman Bit terhadap *Audio Watermarking*

Berikut ini adalah pengaruh tipe *wavelet* terhadap hasil *audio watermarking* yang dihasilkan. Pada pengujian ini sistem tidak diberikan serangan dan tidak dioptimasi.



Gambar 4.12. Grafik pengaruh kedalaman bit terhadap SNR



Gambar 4.13. Grafik pengaruh kedalaman bit terhadap nilai ODG dan BER

Dari data yang telah diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai kedalaman bit mempengaruhi nilai SNR, ODG, serta BER dari *watermarked audio*. Nilai kedalaman bit terbaik dari tabel diatas adalah 32 karena menghasilkan BER yang sangat mendekati 0 dan nilai SNR yang cukup baik.

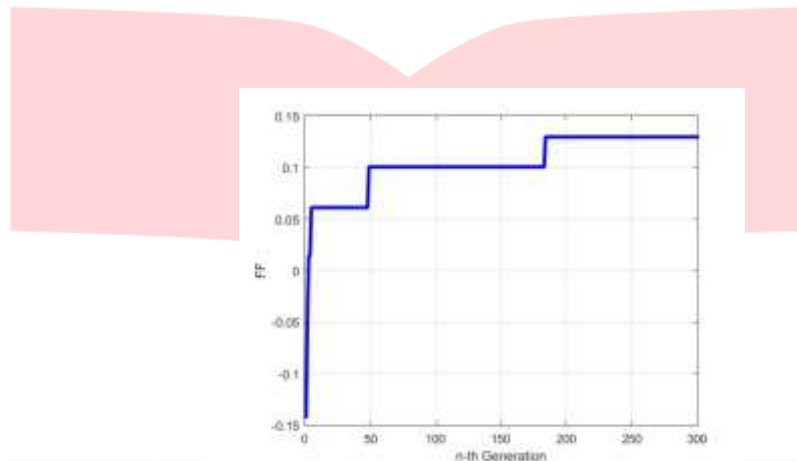
4.6 Analisis Optimasi Algoritma Genetika terhadap *Audio Watermarking*

Optimasi terhadap serangan TSM dilakukan pada audio pada genre rnb dengan penggeseran waktu 0.97. Karena audio jenis ini dipilih berdasarkan nilai BER yang paling besar. Setelah dioptimasi didapatkan parameter yang optimal sebagai berikut:

Tabel 4.1 Parameter terbaik hasil optimasi

N	Nframe	nbit	typew	thr	bit	Posisiw
1	32	10	1	0.008	32	1

Berikut merupakan grafik nilai *fitness function* yang dilakukan sebanyak 300 generasi dengan jumlah populasi 20.

Gambar 4.14 Grafik *Fitness Function*

Setelah dilakukan proses optimasi, hasil keluaran nilai parameter BER, ODG, SNR, dan kapasitas pada audio akan berbeda dengan hasil sebelum audio di optimasi. Berikut merupakan perbandingan nilai parameter audio sebelum dan sesudah di optimasi:

Tabel 4.2 Pengaruh optimasi serangan TSM terhadap audio watermarking

	BER	ODG	SNR	Kapasitas
Sebelum optimasi	0.39	-3.9113	7.9618	4.3066
Setelah optimasi	0	1.05193	61.89326	75

Hasil dari tabel diatas menunjukkan bahwa nilai dari parameter BER mengalami perubahan. Audio yang telah dioptimasi memiliki nilai BER yang sempurna yaitu nol. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa proses optimasi dapat meningkatkan ketahanan watermark terhadap serangan TSM dengan tidak mengganggu kualitas dari audio tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan Pengujian yang telah dilakukan pada audio watermarking berbasis Lifting wavelet Transform (LWT) dengan metode Singular Value Decomposition (SVD) dan Quantization Index Modulation (QIM) dengan menggunakan algoritma genetika, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- 1) Analisis pengujian dilakukan pada file audio rock.wav yang dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi parameter input maka semakin baik nilai dari parameter pengujian BER, SNR dan ODG. Hal tersebut dapat meningkatkan *imperceptibility* dan ketahanan citra *watermark* yang disipkan pada kinerja sistem *audio watermarking*. Tetapi semakin tinggi parameter input, maka akan mempengaruhi kapasitas dari watermarked audio. Hal tersebut kurang efektif dikarenakan jumlah bit yang dapat disisipkan per satuan waktu akan semakin rendah. Sehingga sangat diperlukan penyesuaian besar parameter input pada sistem *audio watermarking* agar dapat memiliki *imperceptibility* yang baik, ketahanan citra *watermark* yang disisipkan dan kapasitas yang tidak terlalu rendah.
- 2) Algoritma Genetika dapat menjadi solusi yang baik untuk audio watermarking. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil penelitian pada bab 4, bahwa hasil audio setelah di optimasi lebih baik dibandingkan dengan hasil sebelum dioptimasi.
- 3) Parameter hasil optimasi menggunakan algoritma genetika dari suatu jenis audio, belum tentu merupakan parameter yang baik bagi jenis audio yang berbeda. Sehingga tiap tiap audio perlu di optimasi agar mendapatkan parameter yang terbaik.
- 4) Proses optimasi dapat Sistem ini paling tahan terhadap serangan *Time Scale Modification*, karena memiliki BER nol.
- 5) Algoritma Genetika dapat menjadi solusi yang baik untuk audio watermarking. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil penelitian pada bab 4, bahwa hasil audio setelah di optimasi lebih baik dibandingkan dengan hasil sebelum dioptimasi.

- [1] Kejgir, Sushma G. and Manesh Kokare, "Lifting Wavelet Transform with Singular Value Decomposition for Robust Digital Image Watermarking", *International Journal of computer Applications* (0975-8887), vol. 39, no.18, 2012.
- [2] Kaur, Ramandeep and Harpal Singh, "Image Watermarking In DCT, DWT and Their Hybridization Using SVD: A Survey", *International Journal of Innovations in Engineering and Technology* (IJJET), ISSN: 2319-1058, vol. 4, issue 4, 2014.
- [3] Kaur, Harleen and Usvir Kaur, "Proposal Paper for improving SVD and Quantization Technique for Audio Watermarking", *International Journal of Current Engineering and Technology*, ISSN 2277-4106, vol. 3, no.2, 2013.
- [4] Sadeghzadeh, Mehdi and Mahsa Taherbaghal, "A New Method for Watermarking using Genetic Algorithms", *International Conference on Machine Learning, Electrical and Mechanical engineering* (ICMLEME2014), 2014
- [5] Machbubah, Latifatul and Soetrisno, "Watermarking dengan Metode Dekomposisi Nilai Singular pada Citra Digital", *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [6] Porwal, Vagesh and Siddharth Gupta, "Digital Watermarking: A Survey on Image Watermarking in Frequency Domain Using Genetic Algorithm", *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering and Technology* (IJARVET), vol. 4, Issue 4, 2015.
- [7] Vivek, Arvind and Ankur, "Conception and Implementation of a Novel Digital Image Watermarking Algorithm using Cascading of DCT and LWT", *2014 International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology* (ICROIT), 2014.
- [8] Tun, Amy and Yadana Thein, "Digital Image Watermarking Scheme Based on LWT and DCT", *International Journal of Engineering and Technology* (LACSIT), vol. 5, no. 2, 2013.
- [9] Baiying, Ing, Feng, Zhen and Haijun, "A Robust Audio Watermarking Scheme Based on Lifting Wavelet Transform and Singular Value Decomposition", *Signal Processing*, 2011.
- [10] Krishna, Srinivasa and Bala, "DWT-SVD Based Blind Audio Watermarking Scheme For Copyright Protection", *ICALIP*, 2014
- [11] Syamsuddin, Aries, "Pengenalan Algoritma Genetik", *Kuliah Umum IlmuKomputer.Com*, 2004.
- [12] Deb, Kalyanmoy et al., "Genetic and Evolutionary Computation", *Genetic and Evolutionary Computation Conference*, LNCS 3103, 2004.
- [13] Goldberg, David E., "Genetic Algorithms", Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- [14] Sanjoyo, "Aplikasi Algoritma Genetika", Juni 2006.