

**IMPLEMENTASI METODE
FAST FOURIER TRANSFORM DAN
SINGULAR VALUE DECOMPOSITION
UNTUK MEMBERI WATERMARK PADA
AUDIO DIGITAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

WEGI ZULIANDA
11651103411



UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSETUJUAN

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

IMPLEMENTASI METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* DAN *SINGULAR VALUE DECOMPOSITION* UNTUK MEMBERI *WATERMARK* PADA AUDIO DIGITAL

TUGAS AKHIR

Oleh

WEGI ZULIANDA
11651103411

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 9 Februari 2021 / 27 Jumadil Akhir 1442 H

Pembimbing,

FEBLIYANTO, M.KOM.
NIP. 19810206 200912 1 003



LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* DAN *SINGULAR VALUE DECOMPOSITION* UNTUK MEMBERI *WATERMARK* PADA AUDIO DIGITAL

TUGAS AKHIR

Oleh

WEGI ZULIANDA
11651103411

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 29 Januari 2021 / 16 Jumadil Akhir 1442 H

Pekanbaru, 9 Februari 2021

Mengesahkan,
Ketua Jurusan,

Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom.
NIP. 19810523 200710 2 003

Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004

Dewan Penguji

Ketua : Novriyanto, S.T., M.Sc.

Pembimbing I : Febi Yanto, M.Kom.

Penguji I : Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom.

Penguji II : Fadhilah Syafria, S.T., M.Kom., CIBIA

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diajarkan dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 4 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

WEGI ZULIANDA

11651103411

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dan barang siapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya”

-- Q.S At Talaq(65:4) --

Allhamdulillah, sujud syukur ku sembahkan kepada-Mu Ya Allah. Dengan rahmat-Mu, Engkau jadikan aku pribadi yang berilmu, berfikir dan beriman.

Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu ‘alaihi wa sallam yang selalu menjadi tauladan umat.

Dengan ini saya persembahkan karya ini untuk...

Ayahanda Zulmaswan, Pria terhebat saya yang selalu memberikan kasih sayang dan rela berkorban untuk kebahagiaan anak-anak dan keluarganya.

Ibunda Lisna Hertati, Wanita nomor 1 dalam hidup saya yang tak pernah berhenti memberikan kasih sayang, nasihat dan do'a untuk kesuksesan saya.

Adik-adik saya Wido Purnama dan Wini Zulisna yang selalu memberikan kebahagiaan, menghibur, dan menyemangati saya.

Untuk semua anggota keluarga yang sangat aku sayangi, terimakasih tak akan cukup untuk membalas jasa, kebaikan, kesabaran, dan kemurahan hati yang selalu diberikan kepada saya.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

IMPLEMENTATION OF THE FAST FOURIER TRANSFORM AND SINGULAR VALUE DECOMPOSITION METHOD TO GIVE WATERMARK TO DIGITAL AUDIO

WEGI ZULIANDA
11651103411

Date of Final Exam : January 29th, 2021

Graduation Ceremony Period :

Informatics Engineering Department

Faculty of Science and Technology

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRACT

Audio watermarking is a technique for hiding certain information into digital audio data. This technique is often used to protect copyright on digital audio. Copyright is an exclusive right owned by the creator of an original work. Along with the development of internet technology, there are more and more cases of copyright infringement. This is due to the ease of piracy and illegal distribution of digital data. The Association of Indonesian Recording Companies stated that in 2007 the Indonesian music recording industry suffered a loss of up to Rp 2 trillion due to illegal music piracy. Therefore, in this study, an audio watermarking system was built using the combination of the Fast Fourier Transform (FFT) and Singular Value Decomposition (SVD) methods. The file types used in this research are waveform audio and bitmap images. The purpose of this study is to apply the FFT and SVD methods to watermark digital audio that has good sound quality and is resistant to attack. The test parameters in this study were SNR, MOS, and BER. The output of this system has good sound quality with an average SNR value of 29.7 dB and an average MOS value of 4.34. The quality of the extracted image was very good with the highest BER only 4%. This system is resistant to LPF and Noise attacks with an average BER of 11.6% and 42.6%, respectively. However, this system is not resistant to resampling attacks with an average BER of 92.6%.

Keywords: *Audio Watermarking, Copyright, Digital Watermarking, FFT, SVD*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Segala puji syukur tak henti-hentinya penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Shalawat beserta salam tak lupa pula penulis sampaikan kepada Rasul semesata alam, yaitu Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita ke zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan seperti saat ini.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat mendapatkan gelar kesarjanaan pada Jurusan Teknik Informatika di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selama menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali bantuan, dukungan, bimbingan, motivasi, dan do'a dari berbagai pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu. Namun, pada kesempatan ini penulis hanya dapat menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Dr. Elin Haerani, S.T, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, yang juga sebagai Penguji I Tugas Akhir penulis yang selalu memberikan ilmu, wawasan dan informasi yang sangat berguna bagi penulis.
4. Bapak Febi Yanto, M.Kom selaku Pembimbing Tugas Akhir Penulis, terimakasih banyak pak telah meluangkan banyak waktu dan selalu berusaha membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

- © Hak cipta milik UIN Suska Riau
- State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
5. Ibu Fadhilah Syafria, S.T, M.Kom selaku Koordinator Tugas Akhir yang juga sebagai Penguji II yang telah meluangkan waktunya dan memberikan banyak wawasan kepada penulis dalam pembuatan Tugas Akhir ini sehingga menjadi lebih baik.
 6. Ibu Fitra Kurnia, M.Kom selaku Dosen Penasihat Akademis penulis, terimakasih banyak buk untuk semua nasihat, ilmu, dan wawasan yang ibuk berikan kepada penulis.
 7. Seluruh Bapak/Ibu dosen Teknik Informatika yang telah memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
 8. Teristimewa untuk kedua Orang Tua kandung penulis, Ayahanda Zulmaswan dan Ibunda Lisna Hertati yang tidak henti-hentinya memberikan do'a, motivasi dan pengalaman berharga untuk kesuksesan penulis.
 9. Wido Purnama dan Wini Zulisna selaku Saudara dan Saudari kandung penulis yang selalu memberikan semangat dan motivasi kepada penulis.
 10. Raja Risma Imesia selaku sahabat terbaik penulis yang selalu menjadi tempat curhat, menjadi penyemangat dan mendukung penulis ketika dalam kesulitan.
 11. Anja Deni Kesuma, Duis Tanti, Ayu Fransiska, Rizki Prasetia yang telah banyak membantu penulis dalam pengurusan Tugas Akhir dan membantu dalam mensukseskan Sidang Akhir penulis.
 12. Teman-teman dari kelas A-16 "Amazing 16" yang sama-sama berjuang selama perkuliahan dan telah menjadi bagian penting dalam kehidupan penulis, terima kasih untuk semangat, dukungan, dan kebahagiaan yang telah diberikan kepada penulis dalam bagian hidup ini.
 13. Teman-teman dari jurusan Teknik Informatika yang selalu menjadi tempat bertanya dan memberikan banyak informasi kepada penulis dalam pengurusan Tugas Akhir.
 14. Teman-teman KKN di Desa Pematang Jaya yang telah memberikan banyak pengalaman berharga kepada penulis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

15. Teman-teman sekampung yang terus mendorong dan mendukung penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.

16. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, terima kasih untuk kalian semua.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi para pembaca laporan ini. Penulis menyadari bahwa pada laporan ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun guna memperbaiki dan menyempurnakan laporan ini kedepannya. Kritik dan saran tersebut dapat disampaikan melalui email penulis yaitu wegizulianda@gmail.com. Akhir kata, penulis ucapkan terima kasih dan selamat membaca.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Pekanbaru, 29 Januari 2021

Penulis

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL..... | iv |
| LEMBAR PERNYATAAN | v |
| LEMBAR PERSEMBAHAN..... | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN..... | I-1 |
| 1.1 Latar Belakang | I-1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | I-4 |
| 1.3 Batasan Masalah..... | I-4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | I-4 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | I-5 |
| BAB II LANDASAN TEORI | II-1 |
| 2.1 Hak Cipta..... | II-1 |
| 2.2 Watermarking..... | II-2 |
| 2.2.1 Sejarah Watermarking | II-2 |
| 2.2.2 Pengertian Audio <i>Watermarking</i> | II-3 |
| 2.2.3 Kriteria Audio <i>Watermarking</i> | II-4 |
| 2.2.4 Proses Dalam <i>Watermarking</i> | II-4 |
| 2.2.5 Tujuan Watermarking | II-6 |
| 2.2.6 Klasifikasi Watermarking | II-6 |
| 2.2.7 Serangan Pada <i>Watermarking</i> | II-8 |
| 2.3 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT) | II-8 |
| 2.4 <i>Singular Value Decomposition</i> (SVD) | II-11 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | | |
|---|--|--------------|
| 2.5 | Waveform (WAV) | II-13 |
| 2.6 | Citra Bitmap | II-15 |
| 2.7 | Parameter Pengujian | II-16 |
| 2.7.1 | Signal to Noise Ratio (SNR) | II-17 |
| 2.7.2 | Mean Opinion Score (MOS) | II-18 |
| 2.7.3 | Bit Error Rate (BER) | II-18 |
| 2.8 | Matlab | II-19 |
| 2.8.1 | Lingkungan Kerja Matlab | II-19 |
| 2.8.2 | Simbol-simbol dalam Matlab | II-21 |
| 2.8.3 | Operator dalam Matlab | II-21 |
| 2.9 | Penelitian Terkait | II-22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | III-1 |
| 3.1 | Identifikasi Masalah | III-1 |
| 3.2 | Rumusan Masalah | III-2 |
| 3.3 | Studi Literature | III-2 |
| 3.4 | Tahapan Analisa dan Perancangan | III-2 |
| 3.4.1 | Analisa Kebutuhan Data | III-2 |
| 3.4.2 | Analisa Proses Penyisipan | III-3 |
| 3.4.3 | Analisa Proses Ekstraksi | III-5 |
| 3.5 | Tahapan Implementasi | III-6 |
| 3.6 | Tahapan Pengujian | III-6 |
| 3.7 | Kesimpulan dan Saran | III-7 |
| BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN | | IV-1 |
| 4.1 | Gambaran Umum Sistem | IV-1 |
| 4.2 | Analisa Kebutuhan Data | IV-3 |
| 4.3 | Analisa Proses Penyisipan | IV-3 |
| 4.3.1 | Contoh Perhitungan Proses Penyisipan | IV-5 |
| 4.4 | Analisa Proses Ekstraksi | IV-16 |
| 4.4.1 | Contoh Perhitungan Proses Ekstraksi | IV-17 |
| 4.5 | Perancangan Sistem | IV-25 |
| 4.5.1 | Perancangan Struktur Menu | IV-25 |
| 4.5.2 | Perancangan Antarmuka | IV-26 |
| BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN | | V-1 |
| 5.1 | Implementasi | V-1 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| | |
|--|-------------|
| 5.1.1 Ruang Lingkup Implementasi..... | V-1 |
| 5.1.2 Implementasi Antarmuka..... | V-1 |
| 5.2 Pengujian | V-5 |
| 5.2.1 Pengujian <i>White Box</i> | V-6 |
| 5.2.2 Pengujian Kualitas Suara | V-15 |
| 5.2.3 Pengujian Ketahanan <i>Watermark</i> | V-19 |
| 5.2.4 Kesimpulan Pengujian | V-25 |
| BAB VI PENUTUP | VI-1 |
| 6.1 Kesimpulan..... | VI-1 |
| 6.2 Saran | VI-1 |
| DAFTAR PUSTAKA | xvii |
| LAMPIRAN A | A-1 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP | xx |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|-------|
| Gambar 2.1 Skema <i>Audio Watermarking</i> Secara Umum..... | II-6 |
| Gambar 2.2 Contoh Pemisahan Sinyal dalam Algoritma DIT..... | II-9 |
| Gambar 2.3 Struktur File WAV | II-14 |
| Gambar 2.4 Struktur File WAV dalam Bentuk Hexa | II-14 |
| Gambar 2.5 Struktur File Bitmap..... | II-16 |
| Gambar 2.6 Tampilan Lingkungan Kerja Matlab | II-20 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian..... | III-1 |
| Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Penyisipan <i>Watermark</i> | III-3 |
| Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Ekstraksi <i>Watermark</i> | III-5 |
| Gambar 4.1 Gambaran Umum Sistem <i>Audio Watermarking</i> | IV-2 |
| Gambar 4.2 Rancangan Struktur Menu Sistem <i>Audio Watermarking</i> | IV-25 |
| Gambar 4.3 Rancangan Tampilan Halaman Utama..... | IV-26 |
| Gambar 4.4 Rancangan Tampilan Menu <i>Watermarking</i> | IV-27 |
| Gambar 4.5 Rancangan Tampilan Sub-menu Info..... | IV-28 |
| Gambar 4.6 Rancangan Tampilan Sub-menu Tutorial | IV-29 |
| Gambar 5.1 Halaman Utama Sistem <i>Audio Watermarking</i> | V-2 |
| Gambar 5.2 Halaman “ <i>Watermarking</i> ” | V-3 |
| Gambar 5.3 Halaman Info..... | V-4 |
| Gambar 5.4 Halaman Tutorial..... | V-5 |
| Gambar 5.5 Citra <i>Watermark</i> | V-6 |
| Gambar 5.6 <i>Source Code Function Input Audio</i> | V-6 |
| Gambar 5.7 <i>Flowchart Function Input Audio</i> | V-7 |
| Gambar 5.8 <i>Flowgraph Function Input Audio</i> | V-7 |
| Gambar 5.9 <i>Source Code Function Input Watermark</i> | V-9 |
| Gambar 5.10 <i>Flowchart Function Input Watermark</i> | V-9 |
| Gambar 5.11 <i>Flowgraph Function Input Watermark</i> | V-10 |
| Gambar 5.12 <i>Source Code</i> Algoritma Pemisahan <i>Subband</i> | V-11 |
| Gambar 5.13 <i>Flowchart</i> Algoritma Pemisahan <i>Subband</i> | V-12 |
| Gambar 5.14 <i>Flowgraph</i> Algoritma Pemisahan <i>Subband</i> | V-13 |
| Gambar 5.15 <i>Source Code</i> Algoritma Penyisipan <i>Watermark</i> | V-13 |
| Gambar 5.16 <i>Flowchart</i> Algoritma Penyisipan <i>Watermark</i> | V-14 |
| Gambar 5.17 <i>Flowgraph</i> Algoritma Penyisipan <i>Watermark</i> | V-15 |
| Gambar 5.18 Hasil Pengujian SNR..... | V-16 |
| Gambar 5.19 Tampilan Nilai BER pada Sistem yang dibangun..... | V-20 |
| Gambar 5.20 Pengujian Serangan LPF | V-20 |
| Gambar 5.21 Nilai BER Hasil Serangan LPF..... | V-21 |
| Gambar 5.22 Pengujian Serangan <i>Noise</i> | V-22 |
| Gambar 5.23 Pengujian Serangan <i>Resampling</i> | V-23 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-------|
| Tabel 2. 1 Kriteria Penilaian MOS..... | II-18 |
| Tabel 2. 2 Penggunaan Operator Aritmatika pada Matlab..... | II-21 |
| Tabel 2. 3 Penelitian Terkait | II-22 |
| Tabel 5.1 Data Audio <i>Host</i> | V-5 |
| Tabel 5.2 <i>Test Case</i> Fungsi Input Audio..... | V-8 |
| Tabel 5.3 <i>Test Case</i> Fungsi Input Watermark..... | V-11 |
| Tabel 5.4 Hasil Pengujian SNR | V-17 |
| Tabel 5.5 Hasil Survei Menggunakan Skala MOS | V-17 |
| Tabel 5.6 Hasil Penilaian MOS..... | V-18 |
| Tabel 5.7 Pengaruh Serangan LPF Terhadap BER..... | V-21 |
| Tabel 5.8 Pengaruh Serangan <i>Noise</i> Terhadap BER..... | V-22 |
| Tabel 5.9 Pengaruh Serangan <i>Resampling</i> Terhadap BER..... | V-23 |
| Tabel 5.10 Degradasi Kualitas Watermark | V-24 |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi internet memberikan dampak negatif terhadap industri digital seperti mudahnya dalam melakukan pembajakan dan pendistribusian data digital secara ilegal (Harahap et al., 2018). Dengan demikian, kasus pelanggaran hak cipta pun semakin marak terjadi. Salah satu bentuk data multimedia yang paling sering dilanggar hak ciptanya adalah audio digital (Budiman et al., 2019).

Dalam pasal 43 huruf d Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 dijelaskan bahwa perbuatan yang tidak dianggap sebagai pelanggaran hak cipta yaitu, *“Pembuatan dan pendistribusian konten ber-hak cipta melalui media teknologi informasi dan komunikasi yang tidak memiliki tujuan komersial atau pencipta tersebut sudah memberikan izin atas pembuatan dan pendistribusian tersebut”* (www.ditjenpp.kemenkumham.go.id, 2014). Berdasarkan pasal 43 tersebut, dapat disimpulkan bahwa yang dimaksud dengan pelanggaran hak cipta yaitu perbuatan yang bertentangan dengan isi pasal tersebut. Salah satunya yaitu penyebarluasan konten hak cipta secara ilegal dengan tujuan komersial tanpa persetujuan dari pencipta konten tersebut.

Pelanggaran hak cipta ini tentu saja menyebabkan kerugian terhadap pencipta karya data digital tersebut. Gabungan Perusahaan Rekaman Indonesia (GAPERINDO) menyatakan bahwa pada tahun 2007 industri rekaman musik Indonesia mengalami kerugian mencapai Rp 2 Triliun yang disebabkan oleh pembajakan musik secara ilegal (Nuryani, 2007). Selain itu, menurut data-data yang telah dikumpulkan oleh *International Federation of the Phonographic Industry* (IFPI), setiap tahun industri rekaman musik kehilangan miliaran dolar akibat penyalinan dan pendistribusian file audio secara ilegal (Dutt, 2015).

Amerika Serikat telah mencoba menangani permasalahan mengenai pendistribusian file digital secara ilegal ini dengan mengesahkan Undang-Undang

Anti Pembajakan yang bernama SOPA (*Stop Online Piracy Act*) dan PIPA (*Protect Intellectual Property Act*). Mereka menutup situs-situs *file sharing* yang ada di internet seperti Megaupload (Ardi Firmansyah, 2011). Indonesia juga telah menetapkan Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta (Pabandari, 2013). Kemudian Undang-Undang tersebut diperbarui menjadi Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yang memiliki 126 Pasal. Undang-Undang ini dapat meminimalisir tindakan pembajakan file digital, namun tidak dapat menghilangkannya. Masih banyak pihak-pihak yang melakukan tindakan pembajakan ini (Ardi Firmansyah, 2011). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknik yang kuat untuk melindungi hak cipta pada data digital. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk melindungi hak cipta pada data digital dari penduplikasian, modifikasi, dan distribusi secara ilegal adalah teknik *watermarking* (Singh, 2011).

Watermarking merupakan sinyal atau pola digital yang disisipkan ke dalam gambar digital, audio, video, maupun perangkat lunak lainnya. Salah satu implementasi teknik *watermarking* adalah *audio watermarking* (Astuti et al., 2017). *Audio watermarking* merupakan sebuah teknik untuk menyembunyikan informasi tertentu ke dalam sebuah data audio digital, tetapi kehadirannya tidak dapat diketahui dan dirasakan oleh indra pendengaran manusia serta mampu bertahan terhadap proses pengolahan sinyal digital sampai tahap tertentu (Khairani, 2017). Penelitian mengenai *audio watermarking* ini sudah banyak dilakukan dengan menggunakan beberapa metode seperti *Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)* (Zulmi Alhamri et al., 2016), dalam penelitian tersebut dihasilkan kualitas suara yang baik dengan rata-rata PSNR sebesar 42,7 dB. Penelitian dengan menggunakan metode *Discrete Cosine Transform (DCT)* menghasilkan kapasitas *watermark* yang cukup besar yaitu 700 bps – 2 kbps dan ketahanan yang baik terhadap serangan seperti *compressing*, *noise*, dan *echo* (Pratama et al., 2016). Penelitian sebelumnya yang menggunakan metode *Fast Fourier Transform (FFT)* adalah penelitian yang berjudul “Implementasi Teknik *Watermarking* Menggunakan FFT dan *Spread Spectrum*” (Harahap et al., 2018). Dalam penelitian tersebut dihasilkan *Signal to Noise Ratio (SNR)* di atas 20 dB dan *Bit Error Rate (BER)* di bawah 5%. Namun, hasil tersebut hanya untuk audio

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

suara manusia. Sedangkan untuk audio dengan *genre* yang berbeda dihasilkan BER yang sangat tinggi. Selanjutnya, penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Singular Value Decomposition (SVD)* adalah penelitian yang dilakukan oleh T. Turnip yang berjudul “Pengaruh Kapasitas Dimensi Citra *Watermark* Terhadap *Audio Watermarking* dengan Perpaduan Metode DWT dan SVD” (Turnip et al., 2018). Dalam penelitian tersebut, citra *watermark* yang berukuran 10 x 10 piksel menghasilkan kualitas audio yang baik dengan nilai rata-rata PSNR mencapai 57 dB. Sedangkan untuk citra *watermark* berukuran lebih dari 40 x 40 piksel, nilai rata-rata PSNR hanya sebesar 10 sampai 40 dB (Turnip et al., 2018).

Penelitian yang menjadi rujukan utama dari penelitian ini adalah penelitian yang sudah dilakukan oleh (Pakpahan et al., 2018) yang berjudul “*Audio Watermarking* dengan Menggunakan Metode *Fast Fourier Transform (FFT)* dan *Singular Value Decomposition (SVD)*”. Pada penelitian tersebut, durasi maksimal untuk *audio host* hanya 30 detik dan *citra watermark* yang digunakan berukuran 20x20 piksel. Hasil dari penelitian tersebut didapatkan performansi audio *ter-watermark* dengan nilai terbaik yaitu BER 0%, SSIM 1, serta nilai SNR tertinggi mencapai 69dB. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa audio *ber-watermark* yang dihasilkan memiliki *imperceptibility* yang baik karena mendapatkan nilai SNR sebesar 69dB. Kemudian, melihat hasil nilai BER yang mencapai angka 0% menandakan bahwa audio *ber-watermark* yang dihasilkan juga sudah *robust*.

Teknik *watermarking* dikelompokkan ke dalam domain frekuensi dan domain spasial. Teknik *watermarking* yang menggunakan domain frekuensi memiliki ketahanan (*Robustness*) yang lebih baik. *Fast Fourier Transform (FFT)* merupakan salah satu metode yang termasuk dalam domain frekuensi. Sedangkan teknik *watermarking* yang menggunakan domain spasial memiliki kelebihan pada *Imperceptibility* yang lebih baik. Salah satu metode yang termasuk dalam domain spasial adalah metode *Singular Value Decomposition (SVD)* (Turnip et al., 2018).

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan implementasi teknik audio *watermarking* menggunakan penggabungan metode FFT dan SVD. Tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil audio *watermarking* yang memiliki

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

imperceptibility yang baik dan *robust* terhadap serangan-serangan yang umum dilakukan. Data audio digital yang digunakan dalam penelitian ini berjenis *waveform* dengan durasi maksimal 40 detik. Durasi *audio host* berpengaruh pada berapa lama waktu yang diperlukan aplikasi untuk menyisipkan *watermark*. Semakin panjang durasi audio, maka akan semakin lama aplikasi dalam melakukan proses penyisipan. Pada penelitian sebelumnya, durasi *audio host* hanya 30 detik. Maka, pada penelitian ini diperpanjang menjadi 40 detik. Data *watermark* yang digunakan adalah citra digital hitam-putih berukuran 30 x 30 piksel.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini yaitu “Bagaimana melakukan penerapan metode *Fast Fourier Transform* dan *Singular Value Decomposition* untuk memberi *watermark* pada audio digital yang memiliki *imperceptibility* yang baik dan *robust* terhadap serangan”.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, didapatkan beberapa batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

1. Penelitian ini hanya untuk data audio digital berformat .wav
2. Data audio digital yang akan digunakan memiliki durasi maksimal hanya 40 detik
3. Data yang akan dijadikan *watermark* hanya citra hitam-putih dengan ukuran 30 x 30 piksel
4. Citra yang akan dijadikan *watermark* hanya citra yang berformat .bmp
5. Parameter pengujian pada penelitian ini yaitu BER, MOS, SNR, *WhiteBox*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Menerapkan metode *Fast Fourier Transform* dan *Singular Value Decomposition* untuk memberi *watermark* pada audio digital.
2. Menghasilkan audio ber-*watermark* yang *robust* terhadap serangan dan memiliki *imperceptibility* yang baik diukur menggunakan SNR, MOS dan BER.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam menyusun laporan Tugas Akhir ini terdiri atas enam bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjabaran tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisi penjelasan mengenai teori-teori, konsep, serta hal-hal yang berhubungan dengan topik penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian tentang metode pengembangan modul, tahapan pengumpulan data, tempat serta waktu penelitian.

BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini berisi tentang pembahasan analisa dan perancangan untuk sistem yang akan dibangun dan analisa dari metode (FFT - SVD) yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi hasil implementasi dari analisa dan perancangan yang telah dibuat sebelumnya, yaitu implementasi metode yang digunakan dalam bentuk sistem.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian di masa yang akan datang.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Hak Cipta

Hak Cipta (*Copyright*) merupakan bagian dari Hak Kekayaan Intelektual (HKI). Dalam jurnal (Mada, 2016), pengertian HKI adalah hak yang timbul dari hasil pemikiran seseorang yang menghasilkan suatu produk atau proses yang berguna. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), yang dimaksud dengan hak cipta adalah hak yang dimiliki seseorang atas hasil penemuannya yang dilindungi oleh undang-undang (seperti hak cipta dalam mengarang dan mengubah musik). Selain itu, menurut (S & Ito, 2014), "*Hak cipta merupakan hak istimewa yang dimiliki oleh pencipta dari suatu karya aslinya, termasuk hak untuk menyalin, mendistribusi, maupun mengadaptasi karya tersebut*".

Objek yang diatur dalam HKI merupakan karya kreatifitas intelektual yang timbul karena kemampuan intelektual manusia. Peraturan mengenai ketentuan lisensi HKI di Indonesia diakomodir dalam semua peraturan perundang-undangan HKI yang meliputi Hak Cipta, Paten, Merek, Desain Industri, Desain Tata Letak Sirkuit Terpadu, Rahasia Dagang, dan Perlindungan Varietas Tanaman. Pihak-pihak yang melakukan praktik lisensi HKI di Indonesia dilindungi oleh Hukum Perjanjian dengan berdasarkan pada Undang-undang HKI dan Buku III Kitab Undang-Undang yang dimasukkan dalam suatu perjanjian atau kontrak (Sulasno, 2019). Adapun peraturan perundang-undangan di Indonesia yang mengatur Hak Cipta ini tertuang dalam Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 (Prabandari, 2013). Kemudian Undang-Undang tersebut diperbarui menjadi Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta yang ditetapkan pada tanggal 6 oktober 2014.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.2 Watermarking

2.2.1 Sejarah Watermarking

Sejarah watermarking dimulai sejak 700 tahun yang lalu. Sebuah perusahaan kertas di Italia sekitar akhir abad ke – 13 menciptakan kertas yang memiliki watermark dengan cara membentuk cetakan gambar atau tulisan menonjol di kertas yang masih dalam proses pembuatan. Ketika kertas tersebut dikeringkan, terbentuklah selembar kertas yang ber-watermark. Pada masa itu, kertas biasanya digunakan oleh para seniman dan sastrawan untuk menulis karya mereka. Karya yang dibuat pada kertas yang telah diberi watermark menjadi identifikasi atas karya tersebut (Munir, 2004).

Ide *watermarking* pada data digital pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1990, kemudian diikuti oleh Swiss pada tahun 1993. Dengan semakin meluasnya pengguna internet, data digital seperti citra, audio, video semakin mudah untuk digandakan dan disebarluaskan sehingga *digital watermarking* pun semakin dikembangkan (Munir, 2004).

Terdapat beberapa masalah yang melatarbelakangi hadirnya teknik *watermarking*, antara lain sebagai berikut :

1. Masalah kepemilikan

Pemalsuan atas kepemilikan produk digital sering terjadi di sekitar kita. Sebagai contoh adalah foto digital yang tidak memiliki suatu label atau informasi yang melekat pada foto tersebut. Apabila pihak lain juga mengklaim sebagai pemilik otentik atas foto digital tersebut, pemilik foto asli tidak dapat membantah karena dia tidak mempunyai bukti otentik yang menandakan kepemilikan terhadap foto tersebut.

2. Masalah pelanggaran hak cipta

Penduplikatkan produk digital yang tidak memiliki izin dapat merugikan pemiliknya, sebab pemilik produk digital tidak mendapat royalti apapun terhadap proses penggandaan tersebut. Banyak cara yang telah dilalui untuk melindungi produk digital, seperti: *copy protection*,

encryption, visible marking, header marking, dan sebagainya, tetapi semua cara tersebut memiliki kelemahan masing- masing.

3. Masalah keaslian

Produk digital sangat mudah untuk dilakukan perubahan. Contohnya yaitu pemalsuan terhadap produk asli, baik pemalsuan yang dapat dirasakan maupun tidak. Perubahan yang timbul dapat menyebabkan informasi penting yang terdapat pada produk digital tersebut hilang. Teknik kriptografi biasa tidak dapat menyelesaikan masalah-masalah di atas. Walaupun produk digital tersebut sudah dienkripsi menggunakan algoritma kriptografi RSA, namun hanya membutuhkan sekali dekripsi pada produk digital tersebut. Produk digital tersebut dapat langsung digandakan dan didistribusikan setelah enkripsi dihilangkan tanpa perlu melakukan dekripsi lagi. Selain itu, tidak terdapat jejak yang dapat menunjukkan orang yang bertanggung jawab atas penyebarluasan produk digital ataupun otentikasi mengenai hak seseorang atas produk digital tersebut.

2.2.2 Pengertian Audio Watermarking

Watermarking merupakan bentuk lain dari *steganography*, yaitu ilmu yang mempelajari tentang cara menyembunyikan suatu informasi atau data pada data lainnya. *Watermarking* memanfaatkan kekurangan-kekurangan pada sistem indra manusia, sehingga dengan adanya kekurangan ini, metode *watermarking* dapat diterapkan pada media digital (Supangkat et al., 2000). *Digital Watermarking* merupakan informasi, sinyal atau pola digital yang disisipkan ke dalam gambar digital, audio, video, maupun perangkat lunak lainnya. Salah satu implementasi digital *watermarking* adalah *audio watermarking* (Astuti et al., 2017).

Audio watermarking merupakan sebuah teknik untuk menyembunyikan informasi tertentu ke dalam sebuah data audio digital, tetapi kehadirannya tidak dapat diketahui dan dirasakan oleh indra pendengaran manusia serta mampu bertahan terhadap proses pengolahan sinyal digital sampai tahap tertentu (Khairani, 2017). Informasi *watermark* yang sudah disisipkan ke dalam sinyal audio digital akan sangat sukar untuk dihilangkan, sehingga apabila sinyal

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tersebut disalin, maka informasi *watermark* juga akan ikut tersalin (Fitri, 2015). Dalam industri musik digital, audio *watermarking* ini digunakan sebagai penanda riasia pada sebuah lagu yang menyatakan kepemilikan hak cipta dari lagu tersebut.

2.2.3 Kriteria Audio Watermarking

Program aplikasi audio *watermarking* yang baik diharapkan memenuhi kriteria berikut ini :

1. Proses komputasi untuk melakukan penyisipan dan ekstraksi *watermark* harus cepat.
2. *Watermark* yang disisipkan tidak boleh menimbulkan *noise* yang besar yang dapat mengganggu kualitas suara dari audio asli.
3. Mampu bertahan terhadap pemrosesan sinyal seperti *compression*, *cropping*, *resampling*, dan lain sebagainya.
4. Tahan terhadap serangan yang dilakukan dengan tujuan untuk penghilangan *watermark*.

2.2.4 Proses Dalam Watermarking

Terdapat dua proses utama dalam teknik *watermarking*, yaitu proses penyisipan *watermark* (*encoding / embedding*) dan proses ekstraksi *watermark* (*decoding / extraction*). Pada proses penyisipan *watermark* terjadi penggabungan antara data *host* dan data *watermark*. Data *host* adalah data yang akan disisipkan *watermark* ke dalamnya, atau bisa juga disebut sebagai tempat menampung *watermark*. Proses ekstraksi *watermark* merupakan bagian dari proses verifikasi *watermark* yang bertujuan untuk membuktikan kepemilikan dari data digital yang disengketakan. Proses ekstraksi *watermark* adalah proses untuk memisahkan kembali antara data *host* dan data *watermark* yang telah disisipkan sebelumnya (Harahap et al., 2018). Setelah *watermark* diekstrak, dilakukan perbandingan antara *watermark* yang diekstrak dengan *watermark* asli.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Proses penyisipan *watermark* dapat dilakukan dengan beberapa persamaan berikut :

$$V_i' = V_i + \alpha X_i \quad (2.1)$$

$$V_i' = V_i (1 + \alpha X_i) \quad (2.2)$$

$$V_i' = V_i (e^{\alpha X_i}) \quad (2.3)$$

Keterangan :

V_i : Nilai dari data *host*

V_i' : Nilai data yang telah disisipkan *watermark*

X_i : Data *watermark*

α : Skala atau intensitas sisipan (nilai alpha)

Pada proses penyisipan *watermark* hanya menggunakan salah satu dari tiga pilihan persamaan di atas. Penggunaan persamaan tersebut disesuaikan dengan metode yang digunakan untuk penyisipan dan tujuan dari *watermarking* yang ingin dicapai. Adapun, untuk melakukan proses ekstraksi *watermark* dapat menggunakan persamaan (2.4) di bawah ini :

$$XW = (V_i' - V_i) / \alpha \quad (2.4)$$

Keterangan :

XW : Data *watermark* hasil ekstraksi

V_i' : Nilai data ber-*watermark*

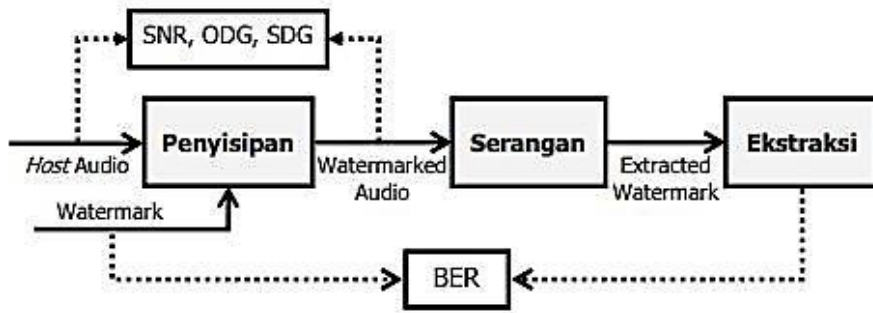
V_i : Nilai data *host*

α : Skala atau intensitas sisipan (nilai alpha)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Skema audio *watermarking* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini :



Gambar 2.1 Skema Audio Watermarking Secara Umum
(Novamizanti et al., 2018)

2.2.5 Tujuan Watermarking

Tujuan utama dari *watermarking* adalah untuk pelabelan hak cipta (*Copyright-labelling*). Selain itu, terdapat juga tujuan lain dari penggunaan *watermarking* pada data digital yaitu :

1. *Temper-proofing* : *Watermarking* digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi sebuah data digital telah mengalami perubahan dari data aslinya.
2. *Feature location* : Metode *watermarking* digunakan untuk memeriksa isi produk digital pada beberapa tempat tertentu.
3. *Annotation/caption* : Metode *watermarking* hanya digunakan untuk memberi tanda pengenal pada produk digital tersebut.

2.2.6 Klasifikasi Watermarking

Digital *watermarking* dikelompokkan ke dalam beberapa kategori (Singh, 2011), antara lain yaitu :

1. **Berdasarkan media penyimpanan**
 - a. *Text Watermarking* : *Watermark* yang disisipkan pada data digital bertipe teks.
 - b. *Image Watermarking* : Pemberian *watermark* pada gambar/citra adalah yang paling sering dilakukan. Gambar merupakan kombinasi warna yang dapat diolah Komputer. *Watermark* disisipkan pada bit-bit binernya.

- c. *Audio Watermarking* : Audio adalah data digital berbentuk suara yang dapat disimpan dalam format tertentu. *Watermark* disisipkan pada bit-bit sinyal suara.
- d. *Video Watermarking* : Pemberian *watermark* pada media video memiliki kompleksitas yang cukup besar karena video mengandung gambar bergerak berukuran sama dan dalam urutan tertentu.

2. Berdasarkan kenampakan *watermark*

- a. *Visible Watermarking* : Objek *watermark* terlihat jelas oleh indra penglihatan manusia.
- b. *Invisible Watermarking* : Objek *watermark* tidak dapat dilihat, tetapi dapat diekstrak melalui program komputer.

3. Berdasarkan teknik penyembunyian *watermark*

- a. Domain Spasial : Teknik ini bekerja dengan cara membubuhkan *watermark* ke dalam piksel suatu data secara langsung. Metode yang termasuk dalam domain spasial adalah *Least Significant Bit (LSB)*, *Masking-Filtering*, *Echo Hiding*.
- b. Domain Frekuensi : Teknik ini bekerja dengan cara menanamkan *watermarking* pada koefisien frekuensi hasil transformasi data asalnya. Metode yang termasuk dalam domain ini antara lain *Discrete Wavelet Transform (DWT)*, *Fast Fourier Transform (FFT)*, *Spread Spectrum*.

4. Berdasarkan tingkat ketahanan *watermark*

- a. *Secure watermarking* : *Watermarking* harus tahan terhadap *non-malicious attack* dan *malicious attack*. *Non-malicious attack* merupakan serangan berupa manipulasi yang normal terjadi terhadap sebuah audio ber-*watermark*, misalnya kompresi, penambahan *noise* dan *cropping*. Sedangkan *malicious attack* adalah serangan pada audio dengan tujuan untuk mengganti atau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

menghapus *watermark* hingga tidak dapat dikenali dan dipergunakan seperti seharusnya.

- b. *Robustness watermarking* : Jenis ini merupakan *watermark* yang kuat bertahan terhadap *non-malicious attack*. *Watermark* masih dapat diekstrak setelah terjadi perubahan pada sinyal audio.
- c. *Fragile watermarking* : *Watermark* dirancang supaya lebih mudah rusak, berubah, dan hilang ketika dilakukan serangan. *Fragile watermarking* digunakan pada aplikasi yang bertujuan untuk memverifikasi isi audio, misalnya untuk *audio authentication* atau *tamper detection* (deteksi manipulasi). *Watermark* yang telah rusak atau hilang adalah pertanda bahwa audio sudah mengalami manipulasi dan tidak otentik lagi.

2.2.7 Serangan Pada Watermarking

Serangan pada *watermarking* diberikan pada data audio yang telah diberi *watermark*. Serangan dilakukan sebelum *watermark* di ekstrak dari data audio *host*. Tujuan dilakukannya serangan ini adalah untuk menguji ketahanan dari teknik *watermarking* yang digunakan terhadap serangan-serangan yang sering terjadi. Adapun beberapa serangan yang sering diberikan antara lain sebagai berikut (Harahap et al., 2018) :

1. *Compressing*, merupakan proses memperkecil ukuran data digital dengan cara mengubah *bit rate* data tersebut.
2. *Cropping*, merupakan pemotongan pada beberapa bagian data digital yang telah disisipkan *watermark*.
3. Penambahan efek *Noise*, merupakan penambahan *noise* seperti *noise reduction* ke dalam data digital.
4. *Resampling*, merupakan perubahan frekuensi *sampling* suatu data digital yang kemudian diubah kembali ke frekuensi *sampling* awal.

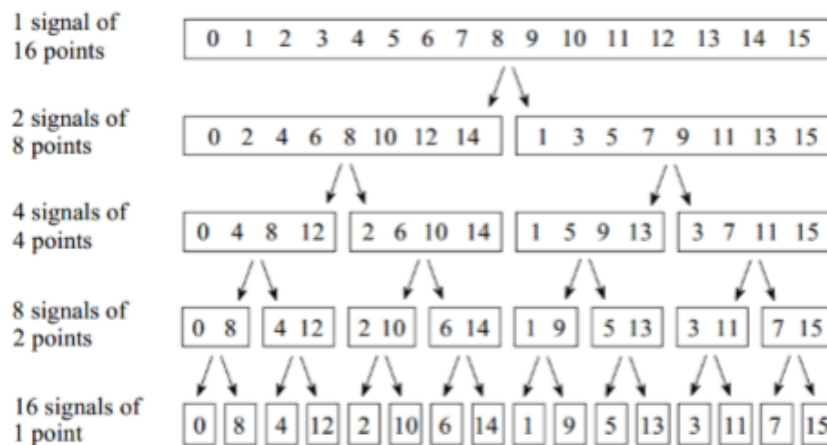
2.2.8 Fast Fourier Transform (FFT)

Fast Fourier Transform (FFT) merupakan sebuah metode untuk mentransformasikan domain waktu ke domain frekuensi. Metode FFT ini tercipta

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

atas dasar prinsip pokok dekomposisi perhitungan *Discrete Fourier Transform* (DFT) dari suatu *sequence* sepanjang N ke dalam transformasi diskrit fourier yang lebih kecil (Simanungkalit et al., 2018). FFT dapat dikatakan sebagai bentuk perhitungan DFT yang lebih cepat dari segi proses dibandingkan jika dengan menggunakan metode konvensional (Pradipta, 2011). Menurut (Mursyidah et al., 2017), FFT adalah teknik perhitungan yang cepat dengan memanfaatkan sifat periodikal dari transformasi fourier. Metode FFT membagi frekuensi per periodenya. Oleh karena itu, metode ini dapat bekerja dengan baik sehingga menghasilkan akurasi dengan cepat dan efisien (Dianputra et al., 2015). Terdapat dua jenis pemisahan dalam FFT, yaitu DIT (*Decimation in Time*) dan DIF (*Decimation in Frequency*). *Decimation* adalah proses pemisahan sinyal menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan tujuan agar memperoleh waktu proses yang lebih cepat. DIT merupakan jenis pemisahan yang paling banyak digunakan. Algoritma DIT bekerja dengan cara memisahkan N poin sinyal domain waktu ke dalam N sinyal domain waktu menjadi poin tunggal. Contoh proses pemisahan dalam algoritma DIT dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Contoh Pemisahan Sinyal dalam Algoritma DIT

Berdasarkan Gambar 2.2 di atas, dapat dilihat bagaimana sebuah sinyal dipisahkan menjadi *frame-frame* yang lebih kecil yaitu dengan membagi sinyal menjadi dua bagian yang sama panjang yaitu bagian genap dan bagian ganjil hingga N sinyal terdiri dari 1 poin. Berikut ini merupakan bentuk persamaan dari metode FFT :

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n)W_N^{nk} \quad (2.5)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dimana faktor W_N dapat ditulis sebagai :

$$W_N = e^{-i2\pi/N} = \cos\left(\frac{2\pi}{N}\right) - i \sin\left(\frac{2\pi}{N}\right) \quad (2.6)$$

Nilai N dapat dibagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian genap dan bagian ganjil. Maka diberikan sebuah variable baru, yaitu $M = N/2$. Sehingga persamaan (2.5) dapat ditulis :

$$F(k) = \sum_{n=0}^{M-1} f(2n) W_M^{nk} + W_N^k \sum_{n=0}^{M-1} f(2n+1) W_M^{nk} \quad (2.7)$$

Setelah domain waktu dibagi menjadi 2 bagian, maka domain frekuensi juga dibagi menjadi 2 bagian, berikut ini bentuk persamaannya :

$$F(k+M) = \sum_{n=0}^{M-1} f(2n) W_M^{nk} - W_N^k \sum_{n=0}^{M-1} f(2n+1) W_M^{nk} \quad (2.8)$$

Persamaan fungsi genap dan fungsi ganjil dapat disederhanakan dengan mengubahnya menjadi variabel E_k dan O_k :

$$\sum_{n=0}^{M-1} f(2n) W_M^{nk} = E_k$$

$$\sum_{n=0}^{M-1} f(2n+1) W_M^{nk} = O_k$$

Maka persamaan (2.7) menjadi :

$$f_k = E_k + W_N^k O_k \quad (2.9)$$

Dan persamaan (2.8) menjadi :

$$f_{k+M} = E_k - W_N^k O_k \quad (2.10)$$

Adapun invers FFT yang digunakan untuk mengembalikan sinyal dari domain frekuensi ke domain waktu dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$F(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f(k) W_N^{-nk} \quad (2.11)$$

Keterangan :

- F(k) : Urutan ke-k komponen output FFT
 N : Jumlah sampel yang akan diproses
 f(n) : Urutan ke-n data sampel

- n : Indeks data nilai sampling dalam domain waktu
- k : Indeks data keluaran dari proses FFT
- $-i$: Konstanta bilangan imajiner ($\sqrt{-1}$)
- π : Derajat (180°)

Sebelum dilakukan proses transformasi ke domain frekuensi, sinyal audio terlebih dahulu melalui proses segmentasi. Proses segmentasi merupakan proses pembagian sinyal menjadi *sub-band high* dan *sub-band low* yang akan menghasilkan koefisien aproksimasi dan koefisien detil. Kemudian, koefisien detil dipilih untuk dilanjutkan ke proses transformasi. Untuk menghitung koefisien aproksimasi dapat dilihat pada persamaan (2.12) dan untuk menghitung koefisien detil dapat dilihat pada persamaan (2.13).

$$S_k = \frac{X_{2k} + X_{2k+1}}{2} / \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2.12)$$

$$D_k = \frac{X_{2k} - X_{2k+1}}{2} / \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (2.13)$$

Keterangan :

S = Koefisien aproksimasi

D = Koefisien detil

X = Data

k = Index data (0, 1, ..., N-1)

2.4 Singular Value Decomposition (SVD)

Metode SVD termasuk kelompok domain spasial dalam teknik *watermarking* yang memiliki kelebihan dalam menghasilkan *imperceptibility* yang lebih baik. Penyisipan informasi menggunakan metode SVD yaitu dengan mengubah nilai-nilai *singular*. Namun, perubahan tersebut tidak signifikan sehingga dapat menjamin *imperceptibility* yang baik. Metode ini bekerja dengan cara mendekomposisi data digital yang disajikan sebagai matriks A menjadi matriks U , S , V untuk mendapatkan *singular value* S dari data digital A . *Singular value* tersebut menyimpan informasi penting tentang data yang berkontribusi paling besar terhadap variasi data secara keseluruhan (Turnip et al., 2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kemudian, matriks S tersebut akan dimodifikasi dengan *watermark* untuk proses *embedding*. Matriks U dan V digunakan untuk proses *SVD Reconstruction (invers SVD)*. Berikut ini merupakan bentuk persamaan dari metode SVD :

$$A = U * S * V^T \tag{2.14}$$

Keterangan :

A : Matriks ukuran M x N yang merepresentasikan matriks detil (D)

U : Vektor singular yang orthogonal dari matriks A

S : Vektor diagonal yang berisi nilai singular dari koresponding *singular* vektornya

V^T : Vektor singular yang orthogonal dari matriks A

Prosedur mendekomposisi suatu matriks A dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah ini :

Langkah 1 : Definisikan matriks A

Langkah 2 : Menentukan nilai *eigen* A melalui persamaan karakteristik :

$$|A - \alpha I| = 0$$

Langkah 3 : Mencari *vector eigen* A

Langkah 4 : Bentuk matriks S dengan cara : $A = \begin{bmatrix} \sqrt{\alpha_1} & 0 & 0 \\ 0 & \sqrt{\alpha_2} & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{\alpha_3} \end{bmatrix}$

Langkah 5 : Mencari matriks V menggunakan persamaan :

$$v_i = \frac{1}{\|x_i\|} x_i \tag{2.15}$$

Kolom matriks V dari *eigen vector* normalisasi A^TA

Langkah 5 : Mencari matriks U menggunakan persamaan :

$$u_i = \frac{1}{\sigma_i} A v_i \tag{2.16}$$

Kolom matriks U dari *eigen vector* normalisasi AA^T

Langkah 6 : Maka diperoleh dekomposisi dari matriks A yaitu : $A = U * S * V^T$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

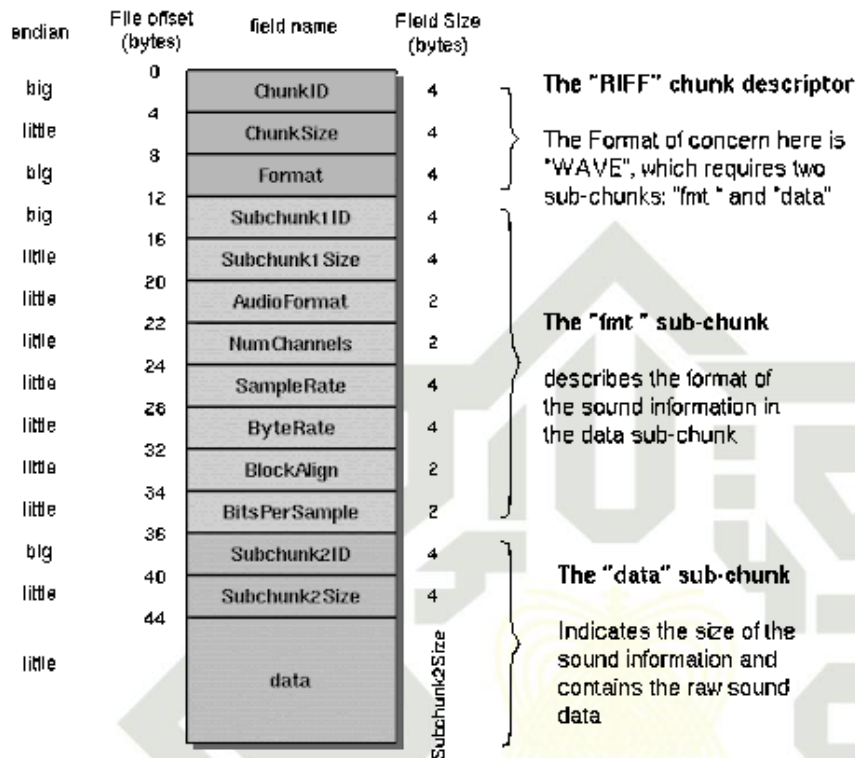
2.5 Waveform (WAV)

Waveform Audio Format atau yang lebih dikenal dengan WAV merupakan format standar file audio yang dikembangkan oleh Microsoft dan IBM. RIFF (*Resource Interchange File Format*) adalah format *bitstream*, WAV merupakan bentuk lain dari format tersebut yang mirip dengan format AIFF dan IFF yang digunakan oleh komputer Macintosh dan Amiga yang sudah kompatibel dengan sistem operasi Windows. Audio berformat WAV merupakan jenis audio yang tidak terkompresi (*uncompressed audio format*). Setiap bit dan *sample rate* dari audio yang disimpan dalam format ini dapat dipertahankan keutuhannya. Format ini sering digunakan sebagai *output format* dari proses *recording* di perangkat lunak *Digital Audio Workstation* (id.wikipedia.org, 2016).

Data audio digital yang berformat WAV memiliki kualitas suara yang bermacam-macam. Kualitas suara tersebut ditentukan oleh *sample rate*, *bit rate*, dan jumlah *channel*. *Sample rate* merupakan banyaknya jumlah sampel yang dimainkan pada tiap detiknya. *Sample rate* yang umum digunakan berukuran 44100Hz karena memiliki kualitas suara yang sangat baik. *Bit rate* adalah jumlah bit pada tiap sampelnya. Semakin tinggi jumlah bit nya, maka akan semakin baik kualitas suara yang dihasilkan. Jumlah *channel* pada data audio digital terdiri atas mono dan stereo. Mono hanya memiliki 1 *channel*, sedangkan stereo memiliki 2 *channel*.

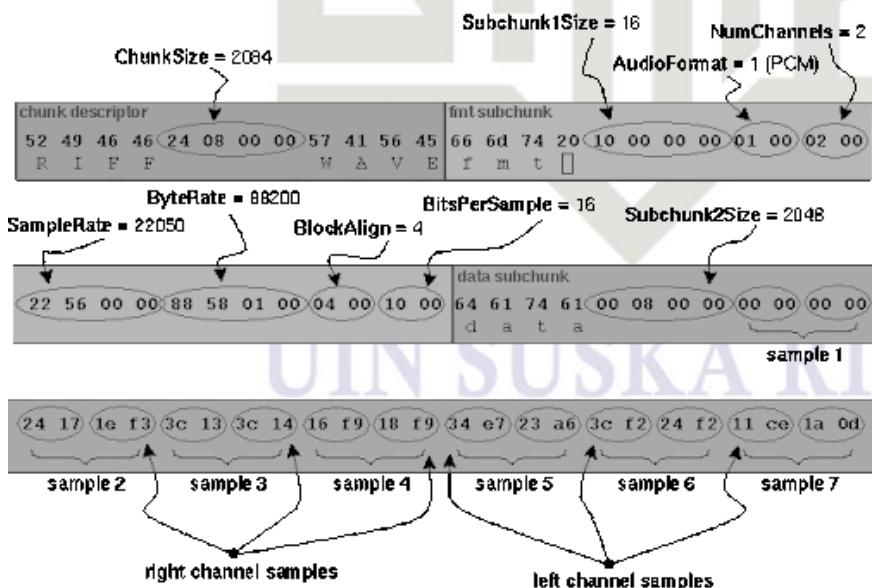
RIFF merupakan struktur standar yang digunakan oleh file WAV dalam mengelompokkan isi file ke dalam bagian-bagian, dimana pada setiap bagian memiliki *header* dan ukuran masing-masing. Struktur RIFF merupakan struktur standar yang digunakan untuk data multimedia dalam sistem operasi Windows. Struktur file WAV terdiri atas 4 byte yang menyimpan RIFF, kemudian 4 byte mengidentifikasi ukuran, dan 4 byte menyimpan WAVE sebagai pengidentifikasi suatu file WAV. Struktur file WAV secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini :

The Canonical WAVE file format



Gambar 2.3 Struktur File WAV
(www.soundfile.sapp.org)

Struktur file WAV dalam bentuk hexa dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.4 Struktur File WAV dalam Bentuk Hexa
(www.soundfile.sapp.org)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bagian-bagian struktur file WAV di atas adalah sebagai berikut :

1. *Chunk Descriptor* berisi : 52 49 46 46 28 06 00 00 57 41 56 45.
2. *Fmt subChunk* berisi *subChunkSize*, *audioFormat*, *numChanel*, *sampelRate*, *byteRate* dan *BlockAlign* yaitu: 66 60 74 20 16 00 00 00 01 00 02 00 22 56 00 06 08 50 01 00 04 00 10 00
3. Data *subChunk* berisi *subChunkSize* serta sample-sample yaitu : 6A 61 74 61 00 00 00 00 00 00 00 24 17 1e f3 1c 13 3c 14 16 19 34 07 23 a6 3c 12 24 12 11 ce 1a od

2.6 Citra Bitmap

Citra bitmap sering disebut juga dengan citra raster. Kode citra disimpan secara digital dan lengkap pada citra bitmap (disimpan per piksel). Citra bitmap digambarkan dalam bentuk matriks menggunakan sistem bilangan desimal maupun sistem bilangan lain. Kelebihan citra ini yaitu mudah untuk memodifikasi warna, namun lebih sulit untuk mengubah objek. Pada sebuah gambar bitmap, nuansa warna dan bayangan terlihat dengan jelas. Dengan demikian, gambar yang memiliki nuansa warna yang rumit seperti photo selalu disimpan dalam format bitmap. Citra bitmap biasanya diperoleh menggunakan *digital camera*, *scanner*, *video capture*, dan lain sebagainya (Sutoyo, 2009).

Besar atau kecil ukuran berkas gambar bitmap dipengaruhi oleh dimensi gambar (panjang dan lebar) dan kedalaman warna (*bit depth*) yang dimiliki oleh gambar tersebut. Contoh dari dimensi gambar adalah misalnya sebuah file dengan ukuran 400 × 500, 1024 × 768, dan lain-lain. Untuk kedalaman warna dapat di contohkan seperti 1 bit, 4 bit, 8 bit, 16 bit, dan 24 bit. Maksud dari kedalaman warna adalah jika file gambar memiliki warna dengan kedalaman 16 bit, maka setiap piksel gambar akan disimpan dalam ruang sebesar 16 bit. Struktur file bitmap dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawah ini :

| Basic BMP File Format | | | |
|-----------------------|--------------------------|--|-----------------|
| Name | Size | Description | |
| Header | 14 bytes | Windows Structure: BITMAPFILEHEADER | |
| Signature | 2 bytes | 'BM' | |
| FileSize | 4 bytes | File size in bytes | |
| reserved | 4 bytes | unused (=0) | |
| DataOffset | 4 bytes | File offset to Raster Data | |
| InfoHeader | 40 bytes | Windows Structure: BITMAPINFOHEADER | |
| Size | 4 bytes | Size of InfoHeader =40 | |
| Width | 4 bytes | Bitmap Width | |
| Height | 4 bytes | Bitmap Height | |
| Planes | 2 bytes | Number of Planes (=1) | |
| BitCount | 2 bytes | Bits per Pixel 1 = monochrome palette. NumColors = 1 4 = 4bit palletized. NumColors = 16 8 = 8bit palletized. NumColors = 256 16 = 16bit RGB. NumColors = 65536 (?) 24 = 24bit RGB. NumColors = 16M | |
| Compression | 4 bytes | Type of Compression 0 = BI_RGB no compression 1 = BI_RLE8 8bit RLE encoding 2 = BI_RLE4 4bit RLE encoding | |
| ImageSize | 4 bytes | (compressed) Size of Image It is valid to set this =0 if Compression = 0 | |
| XpixelsPerM | 4 bytes | horizontal resolution: Pixels/meter | |
| YpixelsPerM | 4 bytes | vertical resolution: Pixels/meter | |
| ColorsUsed | 4 bytes | Number of actually used colors | |
| ColorsImportant | 4 bytes | Number of important colors 0 = all | |
| ColorTable | 4 * NumColors bytes | present only if Info.BitsPerPixel <= 8 colors should be ordered by importance | |
| | Red | 1 byte | Red intensity |
| | Green | 1 byte | Green intensity |
| | Blue | 1 byte | Blue intensity |
| | reserved | 1 byte | unused (=0) |
| | repeated NumColors times | | |
| Raster Data | Info.ImageSize bytes | The pixel data | |

Gambar 2.5 Struktur File Bitmap
(www.ue.eti.pg.gda.pl, 2010)

2.5 Parameter Pengujian

Parameter pengujian merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam melakukan pengujian terhadap hasil penelitian. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kualitas suara dan pengujian ketahanan watermark. Pengujian kualitas suara meliputi pengujian secara objektif dengan parameter SNR dan pengujian secara subjektif dengan parameter MOS (Budiman et al., 2019). Pengujian ketahanan watermark dilakukan dengan memberi beberapa serangan terhadap audio berwatermark sebelum diekstrak. Pengujian ketahanan watermark diukur menggunakan BER.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7.1 Signal to Noise Ratio (SNR)

Signal to Noise Ratio (SNR) adalah sebuah perbandingan antara kekuatan derau (*noise*) dan kekuatan sinyal (*signal*) (S & Ito, 2014). SNR merupakan parameter pengujian kualitas suara secara objektif (Putri et al., 2017). Nilai SNR digunakan untuk menunjukkan kualitas jalur media koneksi. Semakin besar nilai SNR, maka akan semakin tinggi kualitas jalur tersebut sehingga dapat dipakai untuk melewati data dan sinyal dengan kecepatan tinggi. Hal ini berarti, semakin tinggi nilai SNR maka akan semakin baik pula kualitas audio yang dihasilkan. Menurut *International Federation of the Phonographic Industry* (IFPI), audio *watermarking* yang baik adalah yang memiliki nilai SNR besar dari 20 dB. Cara menghitung nilai SNR ini adalah dengan menghitung perbedaan antara nilai sinyal suara asli dan sinyal suara setelah disisipkan *watermark* (Pratama et al., 2016).

Rumus untuk menghitung nilai SNR yang membandingkan antara kekuatan derau dan kekuatan sinyal dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_{n=0}^{L-1} x^2(n)}{\sum_{n=0}^{L-1} (x(n) - x_w(n))^2} \right) \quad (2.17)$$

Persamaan (2.17) di atas dapat disederhanakan sehingga menjadi persamaan (2.18) di bawah ini :

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \quad (2.18)$$

Keterangan :

SNR_{dB} : Nilai kualitas sinyal suara

$x(n)$: Nilai sinyal suara asli

$x_w(n)$: Nilai sinyal suara ber-watermark

P_{signal} : Nilai sinyal suara asli

P_{noise} : Perbandingan nilai sinyal suara

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7.2 Mean Opinion Score (MOS)

Mean Opinion Score (MOS) adalah parameter pengujian secara subjektif berdasarkan indra pendengaran manusia (Putri et al., 2017). Menurut (Budiman et al., 2019), “MOS adalah parameter subjektif untuk melakukan penilaian secara perseptual berdasarkan survey terhadap beberapa orang responden”. Parameter ini dilakukan dengan cara memberikan audio asli dan audio yang sudah disisipkan *watermark* kepada beberapa orang responden untuk didengarkan. Kemudian responden diminta untuk mengisi kriteria penilaian sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Kriteria Penilaian MOS

(Putri et al., 2017)

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|--|
| 5 | Amat Baik | Audio terdengar sangat jelas, <i>watermark</i> tidak terasa |
| 4 | Baik | Audio masih terdengar jelas, namun <i>watermark</i> sedikit terasa |
| 3 | Cukup | Audio sedikit terganggu oleh <i>watermark</i> , namun masih terdengar |
| 2 | Kurang | Audio masih dapat didengar, namun <i>watermark</i> mengganggu |
| 1 | Buruk | audio sudah tidak terdengar oleh <i>watermark</i> yang sangat mengganggu |

Setelah responden mengisi kriteria penilaian MOS, kemudian dihitung rata-rata penilaian dari responden untuk mendapatkan hasil dari parameter evaluasi menggunakan MOS. Tujuan dari parameter ini adalah untuk mengukur tingkat perbandingan kualitas suara antara audio asli dan audio yang sudah diberi *watermark*.

2.7.3 Bit Error Rate (BER)

Bit Error Rate (BER) adalah perbandingan antara jumlah *error* dengan total data (Harahap et al., 2018). Semakin kecil BER yang dihasilkan, berarti semakin baik pula hasil yang didapatkan. Pada penelitian ini, BER digunakan untuk menguji ketahanan dan kualitas *watermark* setelah diekstrak dari audio host. Rumus untuk menghitung BER dapat dilihat pada persamaan (2.19) di bawah ini :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$BER = \frac{N_{error}}{N_{bits}} \quad (2.19)$$

Keterangan :

- BER : Nilai rasio bit error
- N_{error} : Jumlah bit data yang berbeda
- N_{bits} : Jumlah bit data asli

2.8 Matlab

Matlab adalah sebuah bahasa pemrograman yang memiliki fungsi dan bentuk yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain seperti Delphi, Visual Basic maupun C++. Matlab adalah sebuah bahasa pemrograman yang mampu melakukan komputasi teknis dengan sangat baik dengan menggabungkan visualisasi, komputasi, dan pemrograman dalam satu kesatuan yang mudah digunakan dimana penyelesaian masalahnya diperlihatkan dalam notasi matematika yang sudah dikenal (A Firmansyah, 2007).

Nama Matlab merupakan singkatan dari *Matrix Laboratory* yang digunakan untuk analisa dan komputasi numerik. Pada mulanya, Matlab digunakan untuk melancarkan dalam membuka aplikasi matriks yang sudah dibuat oleh EISPACK dan LINPACK. Namun, Matlab terus berkembang hingga mampu memadukan beberapa aplikasi matriks sebelumnya menjadi sebuah aplikasi komputasi matriks (Cahyono, 2013).

2.8.1 Lingkungan Kerja Matlab

Berikut ini merupakan beberapa jendela (*window*) yang terdapat dalam program MATLAB (Cahyono, 2013) :

1. Jendela Perintah (*Command Window*)

Jendela perintah merupakan tempat untuk menuliskan dan mengeksekusi sebuah perintah matlab. Contohnya yaitu melakukan perhitungan biasa, memanggil fungsi, mencari informasi tentang sebuah fungsi, demo program dan sebagainya. Cirinya adalah terdapat prompt “>>”.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.8.2 Simbol-simbol dalam Matlab

Berikut merupakan simbol-simbol yang digunakan di dalam perintah bahasa pemrograman Matlab :

1. % Semua teks sesudah tanda ini tidak akan dieksekusi atau dengan kata lain semua teks akan dianggap komentar. Dalam pemrograman komentar sangat penting, misalnya untuk memberikan keterangan suatu baris *program*.
2. >> Ini adalah default Matlab *prompt*. Jika ingin mengeksekusi suatu perintah, maka perintah dapat ditulis di depan *prompt* ini.
3. ; Tanda *semicolon* ditulis pada akhir baris perintah yang berfungsi untuk menahan Matlab agar tidak menampilkan hasilnya pada *command Window*.
4. ... Tanda titik tiga di akhir baris memberitahu Matlab bahwa suatu perintah dilanjutkan di baris berikutnya.
5. ^C Kontrol C merupakan perintah untuk membatalkan program Matlab yang sedang berjalan.

2.8.3 Operator dalam Matlab

Operator aritmatika untuk *operand* A dan B ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Penggunaan Operator Aritmatika pada Matlab

(Cahyono, 2013)

| Operasi | Bentuk Aljabar | Bentuk Matlab | Contoh |
|-------------|----------------|---------------|---------|
| Perkalian | $A \times B$ | $A*B$ | $5 * 3$ |
| Pembagian | $A : B$ | A/B | $8 / 2$ |
| Penambahan | $A + B$ | $A+B$ | $6 + 7$ |
| Pengurangan | $A - B$ | $A-B$ | $9 - 4$ |
| Ekspensial | A^B | A^B | 2^3 |

2.9 Penelitian Terkait

Berikut penelitian terkait tentang audio *watermarking* yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode DCT, DWT, FFT, SVD dan beberapa metode lainnya yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini.

Tabel 2.3 Penelitian Terkait

| No | Nama Peneliti | Judul Penelitian | Metode Yang Digunakan | Capaian Penelitian |
|----|--|--|----------------------------|---|
| 1. | (Robinson Pakpahan, Ratri Dwi Atmaja, Sofia Saidah, 2018) | Audio Watermarking dengan Menggunakan Metode Fast Fourier Transform (FFT) dan Singular Value Decomposition (SVD) | FFT, SVD | BER 0%, SSIM 1, SNR mencapai 69dB |
| 2. | (Ledya Novamizanti, Gelar Budiman, Bhisma Adi Wibowo, 2018) | Optimasi Sistem Penyembuyian Data Pada Audio Menggunakan Sub-Band Stationer Dan Manipulasi Rata-Rata Statistik | SWT, SMM | BER 0.113, SNR 31 dB, ODG -0.6, MOS 4.6 |
| 3. | (Mohammad Fadly Sulianto, Gelar Budiman, Ratri Dwi Atmaja, 2018) | Perancangan dan Analisis Audio Watermark Berbasis Discrete Cosine Transform Dengan Metode Centroid | DCT dengan Metode Centroid | SNR 33 dB, BER 0.1 |
| 4. | (Irma Safitri, Nur Ibrahim, Herlambang Yogaswara, 2018) | Comperresive Sensing Audio Watermarking dengan Metode LWT Dan QIM | LWT, QIM | SNR 85, 32 dB, ODG $-8,34 \times 10^{-11}$, BER 0, PSNR ∞ |
| 5. | (Togu Novriansyah Turnip, Jenny Doloksaribu, Vedtra Purba, Immanuel Siragih, 2018) | Pengaruh Kapasitas Dimensi Citra Watermark Terhadap Audio Watermarking dengan Perpaduan Metode DWT Dan SVD | DWT, SVD | Imperceptibility 43-50 dB |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

| No | Nama Peneliti | Judul Penelitian | Metode Yang Digunakan | Capaian Penelitian |
|-----|--|--|-----------------------|---|
| 6. | (Gelar Budiman, Suci Aulia, I Nyoman Apraz Ramatryana, 2019) | Penyisipan Citra Pada Audio dengan Kode PN Terdistribusi Gaussian | Kode PN | Imperseptibilitas SNR > 26 dB, Additive Noise 40 dB |
| 7. | (Reyhani Lian Putri, Mona Renasari, Gelar Budiman, 2017) | Removable Watermarking Sebagai Pengendalian Terhadap Cyber Crime Pada Audio Digital | FHSS | SNR 24,986 dB, ODG -1,064, MOS 4,40 |
| 8. | (Zahra Zettira Zukhrufjannah, Gelar Budiman, Ledy Novamizanti, 2017) | Perancangan Audio Watermarking Stereo dengan Sinkronisasi Menggunakan Metode Hybrid DWT dan SMM Berbasis FFT | DWT, SMM, FFT | SNR > 30 dB, ODG > -1, BER 0 |
| 9. | (Hanna Harahap, Gelar Budiman, Ledy Novamizanti, 2016) | Implementasi Teknik Watermarking Menggunakan FFT dan Spread Spectrum Watermark Pada Data Audio Digital | FFT, Spread Spectrum | SNR 20 dB, BER 5% |
| 10. | (Irfan Dwi Pratama, Gelar Budiman, I Nyoman Apraz Ramatryana, 2016) | Analisis Audio Watermarking Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform Dengan Pengkodean BCH | DCT, BCH Code | SDG 3.85 dan 25 dB < SNR < 56 dB |
| 11. | (Aldhi Reza S, Prof Akinori Ito, 2014) | Implementasi Digital Audio Watermarking Pada Berkas Suara Dengan Menggunakan Metode Least Significant Bit | LSB | SNR 93.07 dB |

Hak Cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

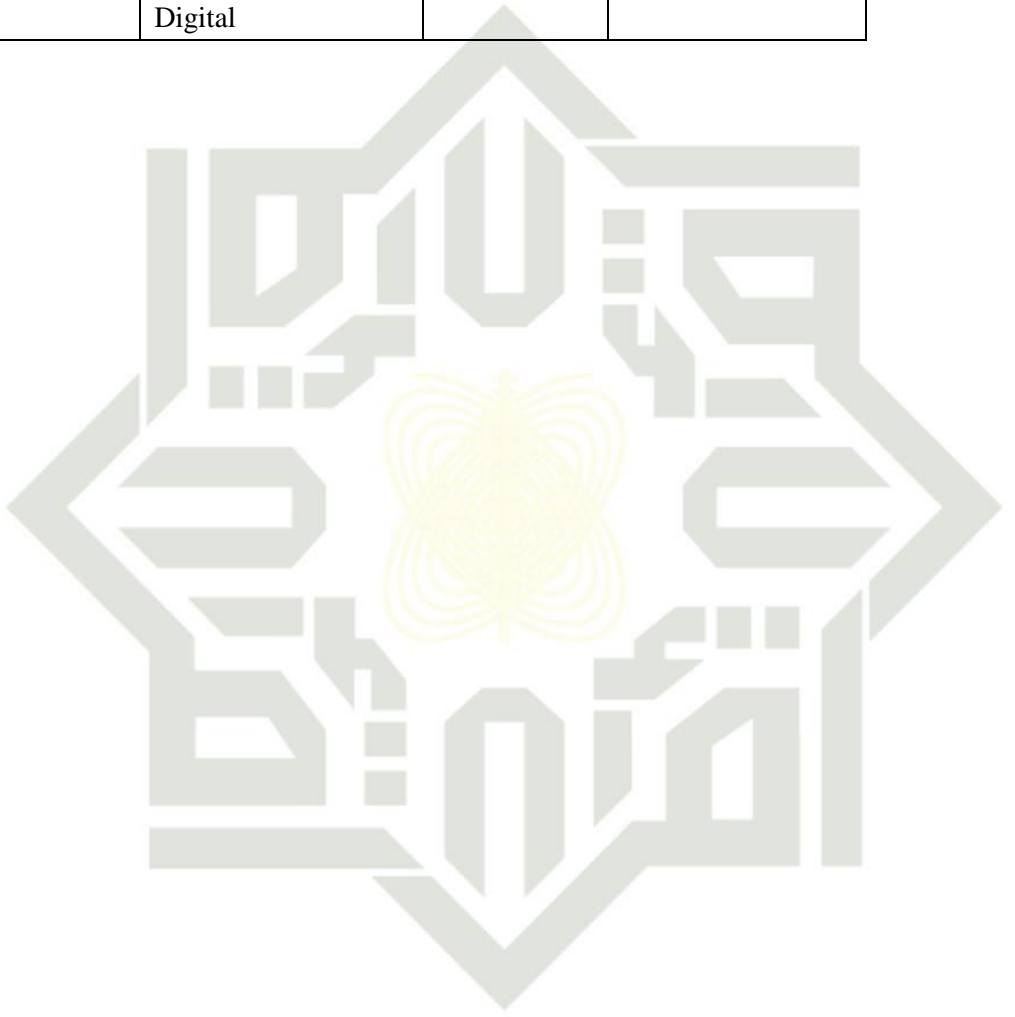
| No | Nama Peneliti | Judul Penelitian | Metode Yang Digunakan | Capaian Penelitian |
|----|---|---|-----------------------|--------------------|
| 12 | (Rinanza Zulmi Alhamri, Esti Suryani, Wisnu Widiarto, 2013) | Audio Watermarking Dengan Metode Direct Sequence Spread Spectrum untuk Konten Musik Digital | DSSS | PSNR 42,7 dB |

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



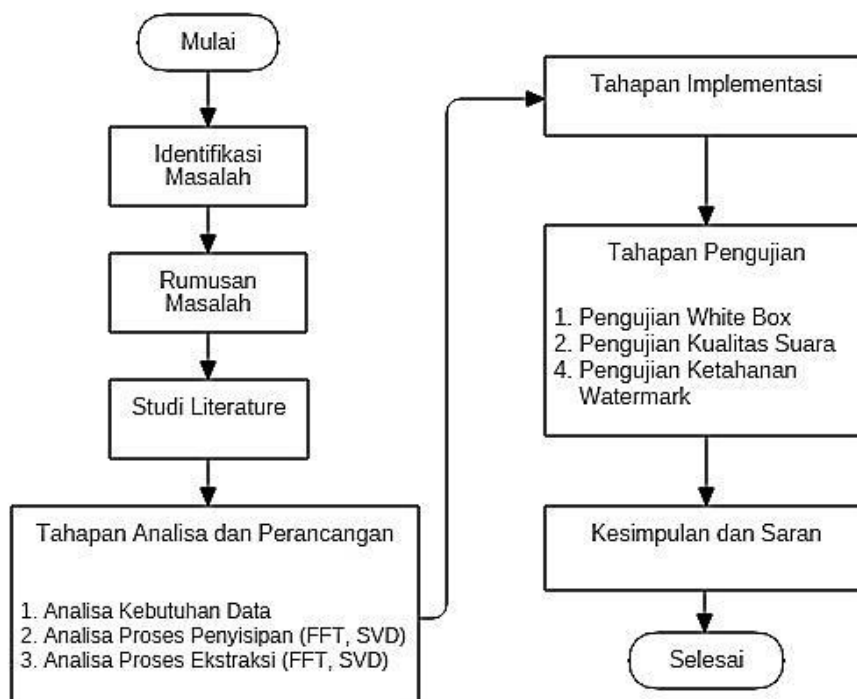
UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah tahapan-tahapan yang disusun secara sistematis dan terstruktur agar penelitian menjadi lebih terarah serta dapat memenuhi tujuan yang diharapkan. Adapun tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3. Identifikasi Masalah

Pada tahapan identifikasi masalah, peneliti menentukan topik yang akan diangkat sebagai penelitian tugas akhir. Adapun, topik yang diangkat penulis dalam penelitian tugas akhir ini adalah penerapan metode FFT dan SVD pada audio digital. Setelah ditentukan topik yang akan diteliti, dilanjutkan dengan mencari dan mengumpulkan informasi mengenai metode FFT dan SVD dalam audio *watermarking*. Informasi tersebut didapatkan dengan cara melihat

penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan topik penelitian yang akan diangkat. Kemudian, penelitian terdahulu tersebut dapat dijadikan referensi dasar untuk memperkuat penelitian tugas akhir yang akan dilakukan.

3.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menerapkan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk memberi *watermark* pada media audio digital. Kemudian media audio digital yang telah disisipkan *watermark* tersebut akan dilakukan pengujian ketahanan dan kualitas.

3.3 Studi Literature

Tahapan studi literature merupakan tahapan untuk mengumpulkan informasi dan data-data yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini. Pada tahapan ini peneliti mencari informasi dari berbagai sumber seperti internet, jurnal, serta buku-buku yang berkaitan dengan kriptografi dan *watermarking*. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk mempelajari penelitian-penelitian terdahulu yang menggunakan metode *fast fourier transform* dan *singular value decomposition*. Sehingga dengan banyaknya informasi yang didapatkan yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, maka penelitian diharapkan semakin mudah untuk diselesaikan.

3.4 Tahapan Analisa dan Perancangan

Pada tahapan analisa dijelaskan lebih rinci tentang penerapan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) pada audio digital. Berikut ini merupakan proses pada tahapan analisa :

3.4.1 Analisa Kebutuhan Data

Data masukan yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri dari 3 buah data, yaitu audio host, citra yang akan dijadikan watermark, dan audio yang sudah disisipkan watermark. Audio host adalah data yang akan dijadikan tempat untuk menyisipkan watermark. Data yang digunakan sebagai audio host adalah audio digital yang berformat WAV. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada BAB 1, durasi untuk audio host dibatasi hanya 40 detik saja. Sedangkan data

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

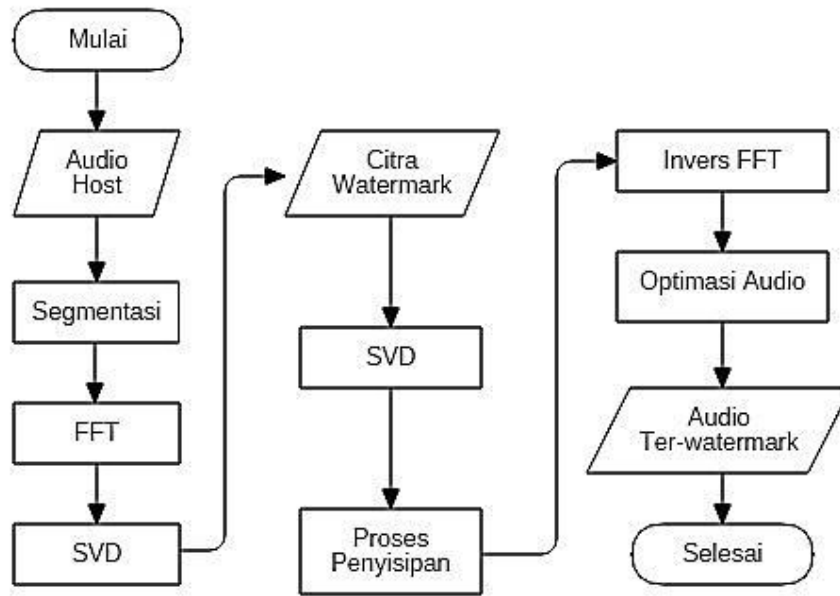
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang akan dijadikan watermark adalah citra hitam putih berformat bitmap yang berukuran 30x30 piksel. Data masukan yang digunakan untuk proses pengestraksian adalah data audio digital yang telah disisipkan watermark sebelumnya melalui proses penyisipan (*embedding*).

3.4.2 Analisa Proses Penyisipan



Gambar 3.2 Flowchart Penyisipan Watermark

1. Pada proses pertama, dilakukan segmentasi sinyal audio sehingga didapatlah *sub-band high* dan *sub-band low*. Proses ini menghasilkan koefisien aproksimasi dan koefisien detil dari sinyal. Koefisien detil yang merupakan nilai *Sub-band low* dipilih untuk digabungkan dengan data watermark pada proses penyisipan.
2. Proses kedua, dilakukan *framing* dan transformasi sinyal audio dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan metode DIT - FFT. Sinyal audio dipisah menjadi beberapa *frame* yang lebih kecil. Hal ini dilakukan agar proses transformasi ke domain frekuensi menjadi lebih singkat. Proses pemisahan sinyal ini dilakukan menggunakan algoritma *Decimation in Time* (DIT) yang merupakan algoritma dari metode FFT. Algoritma DIT bekerja dengan cara memisahkan N poin sinyal domain waktu ke dalam N sinyal domain waktu menjadi poin tunggal. Tujuan dilakukannya transformasi ke domain frekuensi adalah karena

penyisipan hanya dapat dilakukan pada domain frekuensi. Hasil dari proses ini didapatkan beberapa koefisien matriks yang kemudian disusun menjadi matriks 2 dimensi, yaitu matriks persegi bernama Adr .

3. Setelah dilakukan transformasi ke domain frekuensi oleh metode DIT - FFT, tahapan selanjutnya metode SVD mendekomposisi matriks persegi Adr sehingga membentuk tiga matriks yaitu matriks orthogonal U_Ad , matriks diagonal S_Ad , dan matriks transpose V_Ad . Tujuan dilakukannya proses ini adalah untuk mendapatkan nilai singular matriks S_Ad . Matriks S_Ad akan digabungkan dengan data watermark, sedangkan matriks U_Ad dan V_Ad akan diteruskan ke *SVD reconstruction*.
4. Tahapan selanjutnya, citra hitam putih berformat .bmp dengan ukuran $M \times M$ piksel dikonversi menjadi bentuk 1 dimensi dan ukurannya disesuaikan dengan matriks Adr yang ada pada proses sebelumnya. Hal ini dilakukan karena proses penyisipan hanya bisa dilakukan apabila matriks sinyal audio dan citra watermark berukuran sama. Kemudian tipe data citra watermark diubah ke tipe double dan dilakukan proses SVD untuk mendekomposisi citra watermark sehingga menghasilkan matriks U_w , S_w , dan V_w .
5. Pada tahapan penyisipan, matriks S_w dikalikan dengan nilai alpha sebesar 0.09. Nilai alpha adalah nilai yang mempresentasikan kekuatan penyisipan. Selanjutnya matriks S_w yang sudah dikalikan dengan nilai alpha akan dijumlahkan dengan matriks S_Ad .
6. Hasil penyisipan watermark tersebut dimasukkan ke dalam matriks diagonal S_{mark} dan kemudian direkonstruksi dengan matriks *orthonormal* U_Ad dan V_Ad menjadi matriks AW yang sudah disisipi dengan menggunakan Invers SVD.
7. Proses terakhir yaitu dilakukan proses Invers FFT untuk mengubah kembali sinyal audio dari domain frekuensi ke domain waktu. Kemudian dilakukan penggabungan kembali *sub-band high* dan *sub-band low* sehingga tercipta audio berwatermark.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

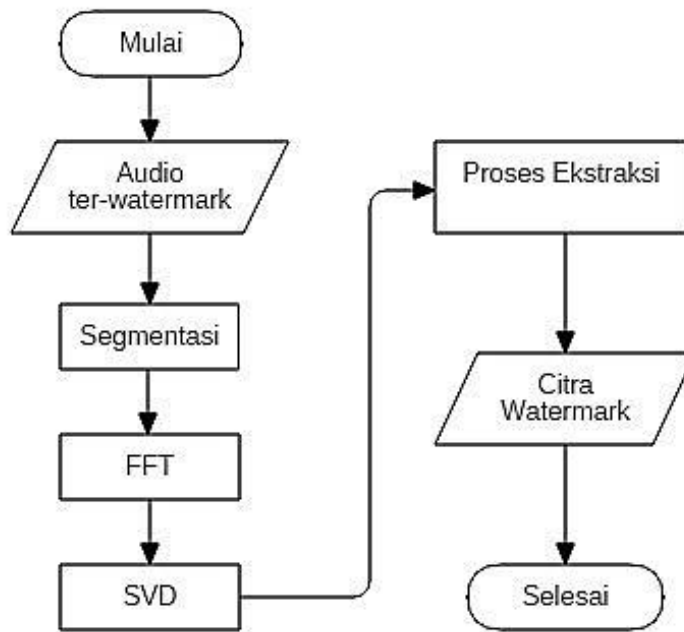
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.4.3 Analisa Proses Ekstraksi



Gambar 3.3 Flowchart Ekstraksi Watermark

1. Pada proses pertama, dilakukan pemisahan *sub-band* sinyal audio menjadi *sub-band high* dan *sub-band low*. *Sub-band low* dipilih karena data watermark yang disisipkan terletak pada *sub-band low*.
2. Proses kedua, dilakukan *framing* dan transformasi sinyal audio dari domain waktu ke domain frekuensi menggunakan metode DIT – FFT seperti yang dilakukan pada proses penyisipan. Hasil dari proses ini didapatkan beberapa koefisien matriks yang kemudian disusun menjadi matriks 2 dimensi, yaitu matriks persegi AWODr.
3. Setelah dilakukan transformasi ke domain frekuensi oleh metode DIT - FFT, tahapan selanjutnya metode SVD mendekomposisi matriks persegi AWODr sehingga membentuk tiga matriks *orthonormal* yaitu U_{Ad_ex} , S_{Ad_ex} , dan V_{Ad_ex} . Tujuan dilakukannya proses ini adalah untuk mendapatkan nilai singular matriks S_{Ad_ex} . Matriks S_{Ad_ex} akan diteruskan ke proses ekstraksi untuk mendapatkan data watermark.
4. Pada tahapan ekstraksi, matriks S_{Ad_ex} akan dikurangkan dengan matriks S_{Ad} kemudian dibagi dengan nilai alpha sebesar 0.09. Hasil

ekstraksi watermark tersebut dimasukkan ke dalam matriks diagonal Swrec dan kemudian direkonstruksi menjadi matriks WMy dengan menggunakan Invers SVD.

5. Proses terakhir yaitu matriks WMy diubah ukurannya menjadi 30x30 piksel dan tipe datanya diubah dari double ke uint8 sehingga didapatkan kembali citra watermark.

Tahapan perancangan adalah tahapan untuk merancang *prototype* sistem audio watermarking yang akan dibangun. Tahapan ini meliputi proses perancangan struktur menu dan perancangan antarmuka sistem.

3.5 Tahapan Implementasi

Pada tahapan implementasi, dilakukan pembuatan aplikasi berdasarkan analisa dan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk mengimplementasikan aplikasi ini adalah sebagai berikut :

- 1) Perangkat Keras

Processor : Intel® Core™ i5-10210U CPU @ 1.60GHz
Memory (RAM) : 8.00 GB
Harddisk : 1 TB

- 2) Perangkat Lunak

Sistem Operasi : Windows 10 Home Single Language 64-bit
Bahasa Pemrograman : Matlab R2015b
Tools Audio : Audacity v2.4.2

3.6 Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian merupakan tahapan yang dilakukan untuk menguji dan menganalisa metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Adapun, tahapan pengujian yang dilakukan pada aplikasi Audio *Watermarking* yang akan dibangun meliputi :

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Pengujian *Whitebox* untuk menguji algoritma pada aplikasi yang telah dibangun.
2. Pengujian kualitas audio ber-*watermark* menggunakan *Signal to Noise Ratio* (SNR) untuk mengetahui seberapa bagus kualitas audio yang dihasilkan. Pengujian kualitas audio juga dilakukan menggunakan metode *Mean Opinion Score* (MOS).
3. Pengujian ketahanan citra *watermark* menggunakan parameter *Bit Error Rate* (BER) untuk mengetahui seberapa besar error yang dihasilkan pada citra *watermark* setelah diekstrak dari audio yang telah diberi beberapa serangan. Adapun, serangan yang diberikan yaitu ; *Low Pass Filter, Noise, Resampling*.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahapan kesimpulan dan saran merupakan tahapan akhir dari penelitian tugas akhir ini. Tahapan ini berisi kesimpulan dari hasil-hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, yaitu penerapan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) dan *Singular Value Decomposition* (SVD) untuk memberi watermark pada audio digital. Tahapan ini juga berisi saran-saran pengembangan lebih lanjut untuk penelitian selanjutnya agar dapat lebih baik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem audio watermarking yang dibangun menggunakan metode *Fast Fourier Transform* dan *Singular Value Decomposition* dapat menyisipkan watermark pada audio digital.
2. Hasil pengujian *White Box* menunjukkan bahwa semua jalur logika yang dibuat pada sistem ini berfungsi sebagaimana mestinya dengan semua *test case* yang dihasilkan bernilai *valid*.
3. Berdasarkan pengujian kualitas suara yang dilakukan secara objektif dan subjektif, audio ber-watermark yang dihasilkan oleh sistem ini sudah memiliki kualitas yang cukup baik dengan nilai rata-rata SNR sebesar 29,5 dB dan nilai rata-rata penilaian MOS dengan skala 1 sampai 5 adalah sebesar 4,34.
4. Hasil pengujian ketahanan watermark menunjukkan bahwa sistem audio watermarking yang dibangun tahan terhadap serangan LPF dengan BER rata-rata sebesar 11,6%. Namun untuk pengujian serangan *Noise*, BER yang dihasilkan cukup tinggi dengan rata-rata sebesar 42,6%. Untuk pengujian serangan *Resampling*, watermark yang dihasilkan setelah diekstrak sangat buruk dengan BER rata-rata mencapai 92,6%. Dengan demikian, audio ber-watermark yang dihasilkan oleh sistem ini tidak tahan terhadap serangan *resampling*.

6.2 Saran

Saran yang membangun sangat dibutuhkan pada setiap penelitian, karena pada setiap penelitian pasti terdapat kekurangan yang perlu diperbaiki. Adapun,

saran yang perlu diperhatikan untuk pengembangan lebih lanjut sistem audio watermarking ini, yaitu :

1. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk meningkatkan keamanan proses penyisipan dan ekstraksi dengan menambahkan kunci yang terenkripsi.
2. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk meningkatkan kualitas dan ketahanan watermark terhadap berbagai macam manipulasi sinyal audio.
3. Sistem dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbasis web agar lebih fleksibel dalam penggunaannya.
4. Sistem dapat dikombinasikan dengan metode lain untuk membandingkan metode terbaik dalam melakukan penyisipan dan ekstraksi watermark pada audio digital.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- Asuti, E. N. F., Budiman, G., & Novamizanti, L. (2017). Perancangan Teknik LWT-DCT-SVD Pada Audio Watermarking Stereo Dengan Sinkronisasi Dan Compressive Sampling. *Prosiding Seminar Nasional XII "Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi"*.
- Budiman, G., Aulia, S., & Ramatryana, I. N. A. (2019). Penyisipan Citra pada Audio dengan Kode PN Terdistribusi Gaussian. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 7(2), 209. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v7i2.209>
- Cahyono, B. (2013). Penggunaan Software Matrix Laboratory (MATLAB) dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Phenomeon*, 1(1), 45–62.
- Department of Microelectronic Systems, Faculty of Electronics, Telecommunications and Informatics, Gdansk University of Technology
BMP File Struktur,
http://www.ue.eti.pg.gda.pl/fpgalab/zadania.spartan3/zad_vga_struktura_plik_u_bmp.html, diakses 17 desember 2019 pukul 09.15 WIB
- Dianputra, R., Diyah, P., & Ernawati, E. (2015). IMPLEMENTASI ALGORITMA FAST FOURIER TRANSFORM UNTUK PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL PADA TUNING GITAR DENGAN OPEN STRING. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- Dutt, S. (2015). A Survey of Digital Audio Watermarking Techniques. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 6(3), 3067–3072.
- Firmansyah, A. (2007). Dasar-dasar Pemrograman Matlab. *IlmuKomputer.Com*, 1–10.
- Firmansyah, Ardi. (2011). Perancangan Aplikasi Digital Audio Watermarking Dengan Metode Low Bit Coding. *Universitas Gunadarma*.
- Fitri, Z. (2015). Audio Digital Watermarking Untuk Melindungi Data Multimedia. *Techsi*, 6(1), 190–208. <http://ejournal.tif.unimal.ac.id/index.php/ejournal/article/view/86>
- Hafahap, H., Budiman, G., & Novamizanti, L. (2018). Implementasi Teknik Watermarking menggunakan FFT dan Spread Spectrum Watermark pada Data Audio Digital. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 4(1), 98. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v4i1.98>
- Hukum Online, <https://www.hukumonline.com/klinik/detail/ulasan/lt5c32dc6def6d2/penyelesaian-pelanggaran-hak-cipta-dalam-platform-digital-lintas-negara/>, Diakses pada sabtu, 14 desember 2019 pukul 22.20 WIB

- Kemenkumham, <http://ditjenpp.kemenkumham.go.id/arsip/ln/2014/uu28-2014pjl.pdf>, Diakses pada senin, 16 desember 2019 pukul 14.50 WIB
- Khairani, S. (2017). Data Hiding Through Media Audio. *QUERY: Jurnal Sistem Informasi*, 5341(April), 25–31. <http://catalog.lib.kyushu-u.ac.jp/en/recordID/1854623%0Ahttp://jurnal.uinsu.ac.id/index.php/query>
- Mada, U. G. (2016). Pengertian HKI. In *Direktorat Penelitian UGM*. Penelitian UGM. <https://penelitian.ugm.ac.id/pengertian-hki/>
- Munir, Rinaldi. 2004. Steganografi dan watermarking : bahan kuliah ke-7, if5054 kriptografi. Departemen Teknik Informatika. Institut Teknologi Bandung. https://www.google.com/url?client=internal-element-cse&cx=009294073571019283593:iyhjfi55o4&q=http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Buku/Pengolahan%2520Citra%2520Digital/Bab-13_Steganografi%2520dan%2520Watermarking.pdf&sa=U&ved=2ahUKEwifINnSz7vmAhWkmOYKHSRFBpkQFjAAegQIBBAC&usg=AOvVaw3EfYEyAR0245NUElA16kjU, diakses 17 desember 2019 pukul 9.30 WIB
- Mursyidah, Jamilah, & Zayya. (2017). Pengenalan Karakter Suara Laki-Laki Aceh Menggunakan Metode FFT (Fast Fourier Transform). *Jurnal Infomedia*, 2(1), 20–24. <https://doi.org/10.30811/v2i1.463>
- Novamizanti, L., Budiman, G., & Wibowo, B. A. (2018). Optimasi Sistem Penyembunyian Data pada Audio menggunakan Sub-band Stasioner dan Manipulasi Rata-rata Statistik. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 6(2), 165. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v6i2.165>
- Nuryani. (2007). Digital Right Management (DRM) dan Audio Watermarking untuk Perlindungan Hak Cipta pada Konten Musik Digital. *Pusat Penelitian Informatika - LIPI*, 1–6.
- Pakpahan, R., Atmaja, R. D., & Saidah, S. (2018). AUDIO WATERMARKING DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) DAN SINGULAR VALUE DECOMPOSITION (SVD). *E-Proceeding of Engineering*, 5(2), 2017–2022.
- Prabandari, A. P. (2013). Komparasi Pengaturan Hak Cipta Di Indonesia Dan Amerika Serikat. *Masalah-Masalah Hukum*, 42(2), 162–171. <https://doi.org/10.14710/mmh.42.2.2013.162-171>
- Pradipta, N. (2011). Implementasi Algoritma FFT (Fast Fourier Transform) Pada Digital Signal Processor (DSP) TMS320C542. *Implementasi Algoritma FFT (Fast Fourier Transform) Pada Digital Signal Processor (DSP) TMS320C542*, 1–7.
- Pratama, I. D., Budiman, G., & Ramatryana, I. N. A. (2016). Analisis Audio Watermarking Menggunakan Metode Discrete Cosine Transform Dengan Pengkodean BCH. *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*, 1–9.
- Puri, R. L., Renasari, M., & Budiman, G. (2017). Removable Watermarking Sebagai Pengendalian Terhadap Cyber Crime Pada Audio Digital. *Jurnal*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Elektronika Dan Telekomunikasi, 17(1), 25.
<https://doi.org/10.14203/jet.v17.25-29>

Rahandi, A., Rachmawati, D., & Sembiring, S. (2012). Analisis dan Implementasi Kompresi File Audio Dengan Menggunakan Algoritma Run Length Encoding (RLE). *Program Studi SI Ilmu Komputer, FASILKOM-TI USU*, 1(1).

S, A. R., & Ito, A. (2014). Implementasi Digital Audio Watermarking pada Berkas Suara dengan Menggunakan Metode Least Significant Bit. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 1(1).

Simanungkalit, O., Magdalena, R., & Ramatryana, I. N. A. (2018). Perancangan Dan Simulasi Pemisahan Refrain Lagu Dengan Metode Fast Fourier Transform (Fft). *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, Dan Elektronika*, 2(2), 15–18.
<https://doi.org/10.25124/tektrika.v2i2.1670>

Singh, V. (2011). Digital Watermarking : A Tutorial. *Multidisciplinary Journals in Science and Technology, Journal of Selected Areas in Telecommunications*, 10–21.

Sulasno. (2019). Lisensi Hak Kekayaan Intelektual (HKI) Dalam Perspektif Hukum Perjanjian Di Indonesia. *ADIL: Jurnal Hukum*, 3(2), 352.
<https://doi.org/10.33476/ajl.v3i2.815>

Supangkat, S. H., Kuspriyanto, & Juanda. (2000). Watermarking sebagai Teknik Penyembunyian Label Hak Cipta pada Data Digital. *Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Bandung*.

Sutoyo, T., E. Mulyanto, V. Suhartono, O.D. Nurhayati, dan Wijanarto. 2009. Teori Pengolahan Citra Digital. ANDI, Yogyakarta dengan UDINUS, Semarang.

Turnip, T. N., Doloksaribu, J., Purba, V., & Saragih, I. (2018). Pengaruh Kapasitas Dimensi Citra Watermark terhadap Audio Watermarking dengan Perpaduan Metode DWT (Discrete Wavelet Transform) dan SVD (Singular Value Decomposition). *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 6(2), 141. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2019621269>

Wikipedia, <https://id.wikipedia.org/wiki/WAV> diakses 6 desember 2019 pukul 20.10 WIB


Zumi Alhamri, R., Suryani, E., & Widiarto, W. (2016). Audio Watermarking dengan Metode Direct Sequence Spread Spectrum untuk Konten Musik Digital. *Jurnal Teknologi & Informasi ITSmart*, 2(1), 01.
<https://doi.org/10.20961/its.v2i1.608>

LAMPIRAN A

KUISIONER PENILAIAN KUALITAS AUDIO BERWATERMARK MENGGUNAKAN SKALA MOS (*MEAN OPINION SCORE*)

Nama Responden : Apriyendra

Pekerjaan : Mahasiswa

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop


| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : Juliyandi

Pekerjaan : Swasta.

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

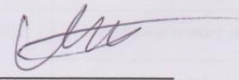
| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| ③ | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : ALDI DWI RAHARDIAN
 Pekerjaan : WIRASWASTA
 Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop


| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : Navrizal. Abdul. Pauf

Pekerjaan : wirausaha

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| ⑤ | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

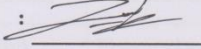
| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| ⑤ | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| ⑤ | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : Zaidan Liannan Hasyid.

Pekerjaan : MAHASISWA.

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

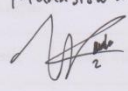
| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : WIDO PURNAMA
 Pekerjaan : Mahasiswa
 Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

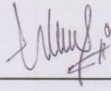
| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : WEGI ZULIANDA

Pekerjaan : Mahasiswa

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

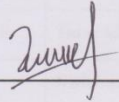
| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : MUHAMMAD RIDHO

Pekerjaan : wiraswasta

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| ⑤ | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop


| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| ④ | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : Sigit Pratama

Pekerjaan : Mahasiswa

Tanda Tangan : 

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Nama Responden : Wini Zulista
 Pekerjaan : Pelajar
 Tanda Tangan : Wini

Genre : Klasik

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Jazz

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Genre : Dangdut

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Pop

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

Genre : Rock

| Skala MOS | Kualitas Audio | Level Distorsi |
|-----------|----------------|---|
| 5 | Amat Baik | Tidak ada <i>watermark</i> dan audio terdengar jelas |
| 4 | Baik | <i>Watermark</i> masih terasa sedikit, namun tidak mengganggu audio |
| 3 | Cukup | <i>Watermark</i> masih terasa, namun sedikit mengganggu audio |
| 2 | Kurang | <i>Watermark</i> mengganggu, namun audio masih dapat didengar |
| 1 | Buruk | <i>Watermark</i> mengganggu dan audio tidak dapat didengar |

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Informasi Pribadi

| | |
|-----------------------|---|
| Nama | : Wegi Zulianda |
| Tempat, Tanggal Lahir | : Pintu Gobang Kari, 4 Agustus 1998 |
| Jenis Kelamin | : Laki-laki |
| Agama | : Islam |
| Tinggi Badan | : 155 cm |
| Berat Badan | : 50 kg |
| E-Mail | : wegizulianda@gmail.com |
| Asal | : Rengat, Indragiri Hulu, Riau |
| Alamat Sekarang | : Jl. Garuda Sakti KM.1, Panam, Pekanbaru, Riau |

Riwayat Pendidikan

| | |
|-------------|---|
| 2004 – 2010 | SDN 008 Rawa Sekip |
| 2010 – 2013 | SMP Negeri 2 Kuala Cenaku |
| 2013 – 2016 | SMK Negeri 1 Rengat |
| 2016 – 2021 | Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau |

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.