



**OPTIMASI FILE AUDIO DENGAN METODE *DISCRETE*  
WAVELET TRANSFORM(DWT) UNTUK KOMPRESI DAN  
BUTTERWORTH FILTER UNTUK MENGURANGI NOISE  
MENGUNAKAN MATLAB**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro



**UIN SUSKA RIAU**

Oleh:

**NANDA ZULVI RAHMAN**

**11555101193**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU  
PEKANBARU**

**2020**

# LEMBAR PERSETUJUAN

**OPTIMASI FILE AUDIO DENGAN METODE DISCRETE WAVELET  
TRANSFORM(DWT) UNTUK KOMPRESI DAN BUTTERWORTH  
FILTER UNTUK MENGURANGI NOISE MENGGUNAKAN MATLAB**

## TUGAS AKHIR

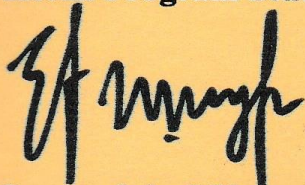
Oleh:

**NANDA ZULVI RAHMAN**

**11555101193**

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro  
di pekanbaru, pada tanggal 15 Juli 2020

**Ketua Program Studi**



**Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom**

**NIP. 19750922 200912 2 002**

**Pembimbing**



**Dr. Harris Simaremare, ST, MT**

**NIP. 19830625 200801 1 008**



# LEMBAR PENGESAHAN

## OPTIMASI FILE AUDIO DENGAN METODE DISCRETE WAVELET TRANSFORM(DWT) UNTUK KOMPRESI DAN BUTTERWORTH FILTER UNTUK MENGURANGI NOISE MENGGUNAKAN MATLAB

### TUGAS AKHIR

oleh:

**NANDA ZULVI RAHMAN**

**11555101193**

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau di Pekanbaru, pada tanggal 15 Juli 2020

Pekanbaru, 24 Agustus 2020

Mengesahkan,



Dekan

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

Ketua Program Studi

**Ewi Ismaredah S.Kom., M.Kom**  
**NIP. 19750922 200912 2 002**

### DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Alex Wenda, ST, M.Eng

Sekretaris : Dr. Harris Simaremare, ST, MT

Anggota I : Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom

Anggota II : Abdillah, S.Si, MIT







# OPTIMIZATION OF AUDIO USING DISCRETE WAVELET TRANSFORM(DWT) FOR COMPRESSION AND BUTTERWORTH FILTER FOR NOISE REDUCTION WITH MATLAB

**NAME: NANDA ZULVI RAHMAN**

**NIM: 11555101193**

Date of Final Exam : <date of exam>

Graduation Date: <month of graduation year>

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru - Indonesia

## ABSTRACT

*Advances in the multimedia field today are increasingly rapidly making audio used in almost all fields of information technology. Its development does not only focus on audio quality. The problem with audio lies in the audio size that is too large will burden storage space. In addition, the sending speed is very dependent on the size of the audio. In this research, researcher performed lossy compression on WAV audio so that a smaller WAV audio size was obtained then enhancing the audio quality so that good audio quality was obtained. The compression method used is the Discrete wavelet transform which uses multiresolution techniques to analyze the frequencies and scale components. Then the enhancing method used is the butterworth filter. Compression testing is done by selecting matching wavelets with audio so that optimal results are obtained. The results of the test show that the DWT algorithm is able to compress WAV audio with an average compression ratio of 49.99% and the butterworth filter can improve audio quality with an average PSNR increase of 21.06395 db.*

**Kata kunci:** *Compression, Optimization, Wavelet Transform, DWT, Butterworth Filter*



## KATA PENGANTAR

*Assalamu”alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh*

*Alhamdulillah* Puji Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah subhanahu wa ta’ala berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dan laporan tepat waktu. Laporan Proposal Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Atas ridho Allah pula penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan judul **“Optimasi File Audio dengan Metode *Discrete Wavelet Transform (Dwt)* Untuk Kompresi dan Butterworth Filter untuk Mengurangi Noise Menggunakan Matlab”**.

Melalui proses bimbingan dan pengarahan yang disumbangkan oleh orang-orang yang berpengetahuan, dorongan, motivasi, dan juga do’a orang-orang yang ada disekeliling penulis sehingga penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan penuh kesederhanaan. Sudah menjadi ketentuan bagi setiap Mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada perguruan tinggi UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir guna mencapai gelar sarjana.

Oleh sebab itu sudah sewajarnya penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Teristimewa Orang tua penulis, yang senantiasa mendo’akan dan memberikan dukungan, serta motivasi agar penulis dapat sukses dalam menyelesaikan laporan ini dengan baik dan benar.
2. Bapak Harris Simaremare S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu serta pemikirannya dengan ikhlas dalam memberikan arahan dan masukan yang sangat berguna sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini tepat waktu.
3. Bapak Abdilllah S.Si, MIT selaku dosen pembimbing akademis yang telah memberikan nasehat serta arahan yang sangat berguna kepada saya, supaya saya bisa lebih giat dalam menyelesaikan program studi sarjana saya dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. KH. Akhmad Mujahidin, M.Ag selaku rektor UIN SUSKA Riau beserta seluruh staf dan jajarannya.



5. Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
7. Bapak Mulyono, ST., MT selaku sekretaris jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau.
8. Bapak dan Ibu dosen Prodi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan dan curahan ilmu kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Rekan-rekan seperjuangan Hendri Perwira, Junaedi, Rafiqi Latif, Khairi Ramadan, Hady Zulnanda dll. yang selalu membantu, menemani dan menyemangati penulis dari awal perkuliahan hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan kuliah.
10. Kakanda dan adinda Teknik Elektro serta teman-teman seperjuangan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan dorongan dan motivasi kepada penulis.

Semoga bantuan yang telah diberikan baik moril maupun materil mendapat balasan pahala dari Allah subhanahu wa ta'ala, dan sebuah harapan dari penulis semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembaca semua pada umumnya.

Semua kekurangan hanya datang dari penulis dan kesempurnaan hanya milik Allah subhanahu wa ta'ala, hal ini yang membuat penulis menyadari bahwa dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan kemampuan, pengalaman, dan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharap kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat positif dan membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Bangkinang, 28 Juli 2020

Penulis,

**NANDA ZULVI RAHMAN**  
**11555101193**



## DAFTAR ISI

### HALAMAN COVER

**KATA PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR GAMBAR** ..... vi

**DAFTAR TABEL** ..... viii

**DAFTAR RUMUS** ..... ix

**DAFTAR SINGKATAN** ..... x

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang ..... I-1

1.2 Rumusan masalah ..... I-4

1.3 Tujuan Penelitian ..... I-4

1.4 Batasan Masalah ..... I-5

1.5 Manfaat Penelitian ..... I-5

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait ..... II-1

2.2 Kompresi Data ..... II-2

2.3 Metode Kompresi Lossy ..... II-4

2.4 *Wavelet Transform* ..... II-5

2.4.1 Wavelet Haar ..... II-6

2.4.2 Wavelet Daubechies ..... II-7

2.4.3 Wavelet Coiflet ..... II-7

2.5 *Discrete wavelet transform (DWT)* ..... II-8

2.6 Filter Digital *Butterworth* ..... II-8

2.7 Representasi Suara ..... II-9

2.8 Audio digital ..... II-10





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.

2.9 File WAV .....	II-11
2.10 Struktur File WAV .....	II-12
2.10.1 Header File WAV .....	II-13
2.10.2 Chunk File WAVE .....	II-14
2.10.3 Chunk Format .....	II-14
2.11 <i>Noise</i> .....	II-17
2.12 <i>Matrix Library</i> (MATLAB) .....	II-18
2.13 Parameter .....	II-19
2.13.1 <i>Mean Square Error</i> (MSE).....	II-19
2.13.2 <i>Peak Signal to Noise Ratio</i> (PSNR) .....	II-19
2.13.3 Rasio Kompresi .....	II-20

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian .....	III-1
3.2 Spesifikasi alat dan komponen yang dibutuhkan.....	III-3
3.3 Parameter yang diukur .....	III-4
3.4 Algoritma Keseluruhan Sistem .....	III-4
3.5 Perancangan Sistem .....	III-5
3.5.1 Perancangan Program Kompresi .....	III-5
3.5.2 Perancangan Program Filter Butterworth .....	III-8
3.5.3 Perancangan <i>Graphical User Interface</i> (GUI) .....	III-9
3.5 <i>Sourcecode</i> Inti Aplikasi .....	III-11
3.5.1 <i>Pre-prosesing</i> .....	III-11
3.5.2 Dekomposisi Wavelet.....	III-12
3.5.3 Menghitung nilai ambang batas( <i>thresholding</i> ).....	III-12
3.5.4 Proses Kompresi .....	III-12
3.5.5 Menghitung Kuantisasi.....	III-13
3.5.6 Menghitung nilai MSE.....	III-13



**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.

3.5.7 Menghitung nilai PSNR .....	III-14
3.5.8 Menghitung Rasio Kompresi .....	III-14
3.5.9 Filter Butterworth .....	III-14

**BAB IV HASIL DAN ANALISA**

4.1 Pengujian Sistem Aplikasi Kompresi dan <i>Noise Reduction</i> .....	IV-1
4.1.1 Tampilan Awal .....	IV-1
4.1.2 Input Audio .....	IV-1
4.1.3 Proses Kompresi dan <i>Noise Reduction</i> .....	IV-3
4.1.4 Reset .....	IV-5
4.1.5 Keluar .....	IV-5
4.2 Pengujian sistem( <i>Blackbox Testing</i> ) .....	IV-6
4.3 Pengujian File Audio .....	<b>IV-Error! Bookmark not defined.</b>
4.3.1 Pengujian Kompresi Audio Berdasarkan Ukuran dan Rasio Kompresi..	IV-8
4.3.2 Pengujian Kompresi Audio Berdasarkan Waktu Kompresi .....	IV-10
4.3.3 Pengujian Kompresi Audio Berdasarkan Nilai PSNR dan MSE .....	IV-11
4.3.4 Pengujian Filter Audio Berdasarkan Nilai PSNR dan MSE.....	IV-13
4.3.5 Membandingkan Nilai PSNR dan MSE Audio Sebelum dan Setelah Difilter .....	IV-14

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-1

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Klasifikasi dari beberapa teknik kompresi data.....	II-4
2.2	Kompresi Lossy.....	II-5
2.3	Wavelet Haar .....	II-7
2.4	Keluarga Wavelet Daubechies.....	II-7
2.5	Keluarga Wavelet Coiflet .....	II-8
2.6	Proses Dekomposisi Level 1.....	II-8
2.7	Alur Gelombang Suara .....	II-10
2.8	Layout File WAV .....	II-13
2.9 (a)	Gelombang Sinus Asli (b) Gelombang Sinus Karena Pengaruh <i>Noise</i> .....	II-18
3.1	Flowchart Penelitian.....	III-2
3.2	Flowchart Metode Kompresi Menggunakan DWT .....	III-6
3.3	Flowchart Tahapan Pre-Prosesing .....	III-7
3.4	Blok Diagram Proses Kompresi Per Frame Dari Satu Sinyal Suara .....	III-8
3.5	Blok Diagram Proses <i>Dekompresi</i> Per Frame Dari Satu Sinyal Suara.....	III-8
3.6	<i>Flowchart Filtering</i> menggunakan Filter Butterworth.....	III-8
3.7	<i>Flowchart</i> Perancangan GUI.....	III-10
3.8	Rancangan GUI .....	III-10
4.1	Tampilan Menu Kompresi dan Optimasi .....	IV-1
4.2	Kotak Dialog Input Audio .....	IV-2
4.3	Tampilan Awal Kompresi .....	IV-2
4.4	Tampilan Proses Kompresi.....	IV-3





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

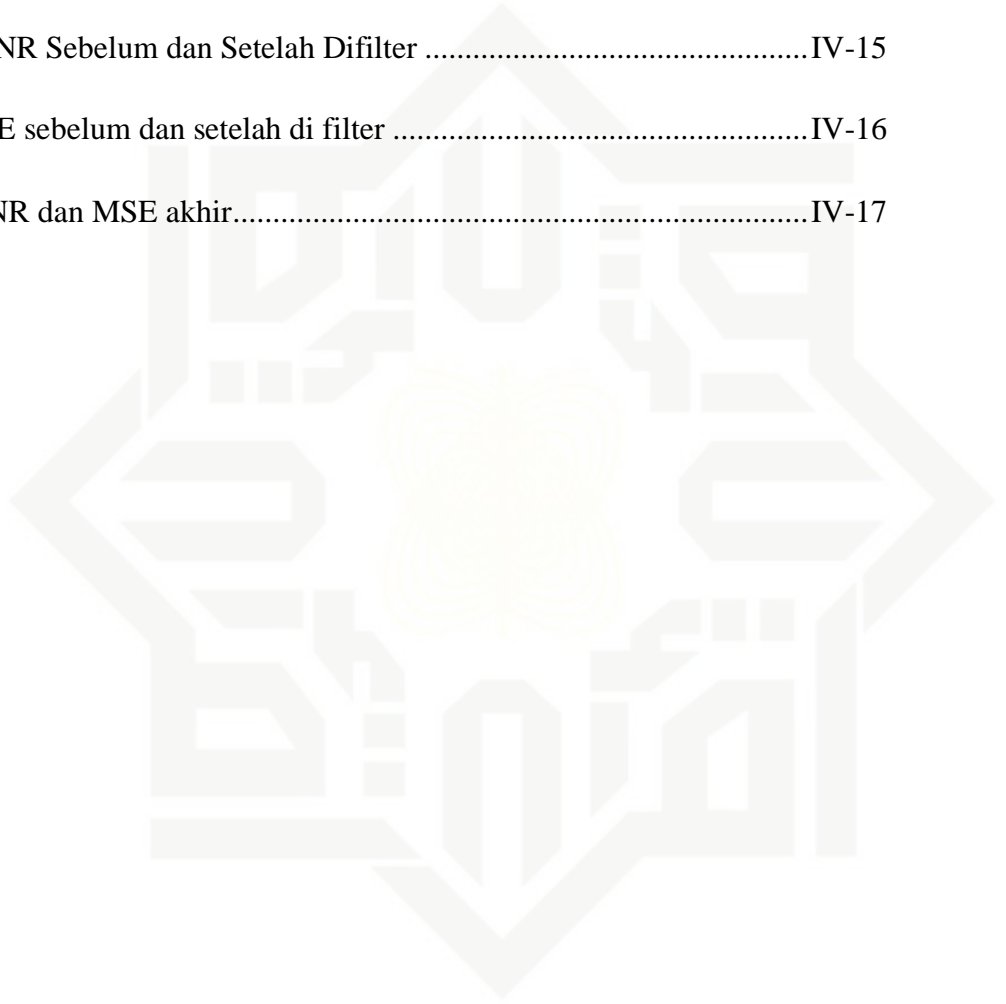
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

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.

4.5 Tampilan Setelah Kompresi .....	IV-4
4.6 Proses <i>Noise Reduction</i> .....	IV-4
4.7 <i>Form</i> Sistem setelah direset.....	IV-5
4.8 Menu Keluar Sistem .....	IV-5
4.9 Grafik Ukuran Asli dan Ukuran Hasil Kompresi WAV.....	IV-9
4.10 Grafik Nilai PSNR Sebelum dan Setelah Dfilter .....	IV-15
4.11 Grafik Nilai MSE sebelum dan setelah di filter .....	IV-16
4.12 Grafik Nilai PSNR dan MSE akhir.....	IV-17







## DAFTAR RUMUS

(1.1) Persamaan Transformasi Wavelet.....	I-2
(2.1) Fungsi Wavelet Haar.....	II-5
(2.2) Menghitung Jumlah Rata-Rata Byte per Detik.....	II-14
(2.3) Menghitung Jumlah Byte Tiap Potongan Sample .....	II-15
(2.4) Menghitung Nilai MSE.....	II-17
(2.5) Menghitung Nilai PSNR.....	II-18
(2.6) Menghitung Rasio Kompresi .....	II-1

© 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.



## DAFTAR SINGKATAN

DWT	= <i>Discrete Cosine Transform</i>
BPF	= <i>Bandpass Filter</i>
IIR	= <i>Infinity Impuls Respons</i>
MSE	= <i>Mean Square Error</i>
PSNR	= <i>Peak Signal to Noise Ratio</i>
GUI	= <i>Graphical User Interface</i>
CD	= <i>Compact Disc</i>
DVD	= <i>Digital Versatile Disc</i>

### 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

Kemajuan di bidang multimedia dewasa ini yang semakin pesat menjadikan audio digunakan hampir di semua bidang teknologi informasi. Sejak ditemukannya media penyimpanan digital seperti *Compact Disc*(CD) dan *Digital Versatile Disc – Audio*(DVD-A), data audio dapat disimpan dalam bentuk digital. Bukan hanya audio, media penyimpanan tersebut dapat menyimpan berbagai format file video, gambar dan sebagainya tanpa kriteria tertentu namun hanya perlu memperhatikan ukuran kapasitas dari CD atau DVD tersebut.

Seiring perkembangan multimedia terutama audio yang semakin hari kian berkembang hingga hal tersebut tidak hanya berfokus pada kualitas audio saja. Masalah pada audio terletak pada ukuran audio yang terlalu besar akan membenani ruang penyimpanan sehingga sedikit jumlah file yang dapat disimpan. Selain itu kecepatan pengiriman sangat bergantung kepada ukuran dari audio tersebut.

Kompresi data merupakan suatu hal yang esensial. Teknik kompresi ini esensial karena ukuran dari data semakin lama semakin besar, tidak didukung oleh perkembangan dari teknologi *bandwidth* yang seimbang. Sementara orang-orang pun menginginkan data dengan kualitas terbaik dengan ukuran yang minimum. Melihat masalah-masalah tadi, maka pemecahannya adalah dengan melakukan kompresi untuk mengurangi ukuran data dan melakukan pengurangan *noise*(*noise reduction*) sehingga dapat meningkatkan kualitas data hasil kompresi.

Kompresi data dicapai dengan mengurangi redundansi, tetapi hal ini juga membuat kehandalan data(*data reliability*) berkurang, lebih rentan terhadap kesalahan(*error*). Disisi lain, untuk membuat data lebih reliabel dapat dilakukan dengan menambahkan *checks bit* dan *parity bits*, proses tersebut dapat menambah ukuran kode(data). Dengan demikian, kompresi data dan kehandalan data bertolak belakang. Beberapa alasan pentingnya



kompresi data adalah menghemat kapasitas penyimpanan (*storage space*), mengurangi waktu transmisi, proses transmisi dapat lebih progresif, dan mengurangi komputasi [1].

Ada 2 jenis kompresi yang digunakan dalam kompresi data yaitu lossy dan lossless. Disini peneliti menggunakan kompresi lossy karena ukuran file hasil kompresi nya lebih kecil atau rasio kompresi nya lebih tinggi dibanding loseless namun masih tetap memenuhi syarat untuk digunakan sehingga dapat menghemat ruang penyimpanan. Ada banyak sekali metode yang termasuk ke dalam kompresi lossy, salah satunya adalah *Discrete wavelet transform*(DWT).

Peneliti memilih menggunakan Metode Kompresi DWT yang merupakan implementasi dari Transformasi Wavelet dikarenakan metode ini sangat ideal untuk mengekstrak informasi dari sinyal *non-stasioner* atau *transient*(sinyal yang informasi frekuensinya bervariasi menurut waktu) [2]. Sehingga sangat cocok untuk kompresi audio. DWT menggunakan filter wavelet tertentu untuk membagi data ke dalam frekuensi yang berbeda atau komponen-komponen skala, dan selanjutnya menganalisis masing-masing komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. DWT menggunakan teknik multiresolusi untuk menganalisa frekuensi-fekuensi yang berbeda [3].

Beberapa penelitian terkait kompresi audio menggunakan metode *Wavelet Transform* telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Di antaranya penelitian yang dilakukan oleh Aditya mengenai efisiensi media penyimpanan dan transmisi citra digital dengan melakukan kompresi citra digital dan komparasi algoritma DWT, DCT dan Hybrid (DWT-DCT). Data yang digunakan berupa citra diam berwarna berjumlah 150 citra. Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode yang terbaik dilihat dari nilai yang MSE rendah, nilai PSNR yang tinggi, rasio kompresi yang tinggi dan waktu yang paling cepat. Algoritma yang memenuhi syarat tersebut adalah algoritma DWT [4]. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Suma'inna dengan melakukan kompresi citra dengan algoritma DWT dan jenis wavelet yang digunakan yaitu daubechies dan haar. Hasilnya menunjukkan algoritma DWT mampu mengkompresi citra dengan baik [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Swapnil menggunakan *Wavelet Transform* dengan jenis wavelet Daubechies untuk mengkompresi audio. Hasilnya menunjukkan ada





peningkatan dalam faktor kompresi dan rasio sinyal. Juga diamati bahwa wavelet tertentu juga akan mempengaruhi terhadap sinyal audio yang dikompresi. [3]

Audio yang telah terkompresi lossy ukurannya akan jauh berkurang tapi juga akan menghasilkan *noise* dapat dilihat dari nilai MSE nya. Salah satu alternatif penyelesaian masalah sinyal suara yang terganggu oleh *noise* dapat diselesaikan oleh sebuah filter digital. Filter digital merupakan sistem yang memproses masukan sinyal diskret menjadi keluaran dengan tujuan tertentu seperti mengurangi *noise*. Filter *Butterworth* merupakan filter yang cocok digunakan untuk mengurangi *noise* pada file audio.

Penelitian yang dilakukan oleh Anugrayani tentang kinerja filter Butterworth dalam pengurangan *noise* pada audio dengan membandingkan hasil filter sinyal suara berekestensi WAV berdasarkan *Low Pass Filter*(LPF), *Band Pass Filter*(BPF) dan *High Pass Filter*(HPF) dengan memanfaatkan filter IIR dengan design Butterworth. Hasilnya menunjukkan bahwa jenis filter BPF memberikan hasil yang lebih baik dari LPF dan HPF dengan nilai SNR tertinggi untuk BPF [5].

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Salih dengan menggunakan *Low Pass Filter* untuk mereduksi *noise* pada file audio. Pengolahan dilakukan pada *software* Matlab dengan menggunakan data audio berformat WAV. Dengan menggunakan metode ini memberikan hasil yang sangat baik dalam menghilangkan *noise* pada sinyal [7].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Podder dkk dengan mendesain dan mengimplementasikan filter sinyal suara. Desain filter yang menjadi bahan perbandingannya yaitu filter Butterworth, Chebyshev-1, dan Elliptic. Hasil menunjukkan bahwa desain filter Buterworth memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan Chebyshev-1, dan Elliptic berdasarkan hasil keluaran spectrumnya [8].

Berdasarkan uraian di atas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian kompresi file WAV menggunakan algoritma *Discrete wavelet transform*(DWT) sehingga didapatkan ukuran file yang lebih kecil kemudian melakukan pengurangan *noise*(*Noise Reduction*) menggunakan Filter Butterworth jenis sub-band filter sehingga menghasilkan file dengan kualitas yang telah ditingkatkan. Filter Butterworth adalah jenis filter yang meloloskan sinyal tertentu dalam hal ini sinyal audio dan membuang sinyal yang tidak dibutuhkan(*noise*).



DWT menggunakan implementasi *Wavelet Transform* yang memiliki banyak seali jenis. Jenis-jenis wavelet didasarkan pada fungsi basis Transformasi Wavelet diskalakan sehubungan dengan frekuensi. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis hanya menggunakan tiga induk wavelet yaitu :

1. Wavelet Haar adalah wavelet yang paling tua dan sederhana. Wavelet haar masuk dalam kategori *Orthogonal and compactly supported wavelets*, karena wavelet haar sama dengan wavelet db1 (daubechies orde 1). Panjang filter wavelet haar adalah 2.
2. Wavelet Daubechies memiliki nama pendek db, dan untuk orde N dituliskan dengan dbN. Orde wavelet Daubechies adalah N=1 atau haar, N=2,..., N=45. Wavelet ini memiliki karakteristik seperti telah disebutkan diatas. Panjang filter wavelet Daubechies adalah 2N. Sebagai contoh db5 memiliki filter dengan panjang 10.
3. Wavelet Coiflet memiliki nama pendek coif, untuk orde N dituliskan dengan coifN. Wavelet coiflet memiliki orde N = 1, 2, ..., 5.

File audio yang peneliti gunakan disini adalah audio yang belum terkompresi (*Uncompressed Audio Format*) dengan ekstensi WAV. File WAV bisa disebut file yang universal, karena bisa di kompresi ke beberapa jenis file Audio/format Audio. Karena data-data digit kode Audio didalam file WAV sangat lengkap secara menyeluruh, sehingga encoder file lebih mudah menerjemahkan algoritma data Audio ke bentuk/transform format lainnya.

## 1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah adalah Bagaimana cara bagaimana mengoptimasi kompresi dengan tetap menjaga kualitas audio.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan audio berekstensi WAV dengan ukuran yang telah terkompresi dan kualitas yang telah ditingkatkan. Metode kompresi yang digunakan adalah DWT menggunakan implementasi *Wavelet Transform* dan filter Butterworth untuk mengurangi *noise*.



**1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari meluasnya pembahasan yang akan dibahas pada penelitian ini, penulis membatasi penelitian ini sebagai berikut:

1. File audio yang digunakan berekstensi WAV yang didapatkan dari internet
2. Metode yang digunakan untuk kompresi adalah DWT menggunakan implementasi Wavelet Transform.
3. Jenis Wavelet yang digunakan adalah Haar/daubechies-1, daubechies-4, daubechies-8, coiflet-1 dan coiflet-5.
4. Filter yang digunakan untuk mengurangi *noise* adalah Filter jenis *Infinity Impulse Response*(IIR) yaitu Filter *Butterworth* dengan jenis *Bandpass*.
5. Simulasi menggunakan Matlab R2014a.
6. Parameter pengujian yang digunakan yaitu PSNR, MSE, rasio kompresi dan waktu kompresi.

**1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu:

1. Hasil penelitian dapat dijadikan sebagai dasar atau referensi tambahan di bidang sistem multimedia terutama audio.
2. Dapat dijadikan Sebagai acuan dalam pengkompresian file audio menggunakan algoritma DWT.
3. Dapat dijadikan sebagai pembanding untuk metode kompresi lainnya.

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan 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 II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terkait yang menggunakan algoritma *Discrete wavelet transform*(DWT) untuk kompresi data telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, beberapa penelitian tersebut antara lain tentang kompresi citra digital dengan komparasi DWT, DCT dan Hybrid (DWT-DCT) yang dilakukan oleh Aditya. Data yang digunakan berupa citra diam berwarna berjumlah 150 citra. Semua citra tersebut berformat JPG. Dari hasil rata-rata dari 150 data citra yang diuji, menghasilkan nilai MSE dan PSNR dari ketiga algoritma. Untuk nilai MSE terendah ditunjukkan oleh algoritma DCT dengan nilai rata-rata 28.02 dB, dilanjutkan dengan algoritma DWT dengan nilai rata-rata 29.55, dan yang tertinggi ditunjukkan oleh algoritma Hybrid dengan nilai rata-rata 34.02 dB. Untuk nilai PSNR tertinggi ditunjukkan oleh algoritma DWT dengan nilai rata-rata 38.58 dB, sedangkan untuk nilai PSNR terendah ditunjukkan oleh algoritma Hybrid dengan nilai rata-rata 25.72 dB. Untuk waktu kompresi, algoritma yang paling cepat dalam melakukan kompresi adalah DWT dengan rata-rata waktu sebesar 2.71 detik dan yang paling lambat adalah DCT dengan rata rata waktu 162.21 detik. Berdasarkan permasalahan penelitian mengenai efisiensi media penyimpanan dan transmisi data, maka dapat disimpulkan bahwa algoritma yang tepat untuk metode terbaik dilihat dari nilai MSE yang rendah, PSNR yang tinggi, rasio kompresi yang tinggi dan waktu yang paling cepat. Algoritma memenuhi syarat tersebut yaitu algoritma DWT [4].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Swapnil menggunakan *Wavelet Transform* dengan jenis wavelet Daubechies untuk mengkompresi audio. Sampel audio yang digunakan adalah Sample1.wav dan Sample2.wav. Hasil kompresi menghasilkan nilai SNR dan PSNR. Untuk Sample1.wav menghasilkan SNR dengan nilai 1.0327 dB dan PSNR dengan nilai 177.887 dan untuk Sample2.wav menghasilkan SNR dengan nilai 6.1106 dan PSNR dengan nilai 122.322 [3].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Anugrayani tentang kinerja filter Butterworth dalam pengurangan *noise* pada audio dengan membandingkan hasil filter sinyal suara



berekestensi WAV berdasarkan Low Pass Filter(LPH), Band Pass Filter(BPS) dan High Pass Filter(HPF) dengan memanfaatkan filter IIR dengan design Butterworth. Proses filter menggunakan variasi beberapa orde untuk memperoleh filter yang tepat berdasarkan nilai SNR terbesar. Hasilnya menunjukkan bahwa jenis filter BPS memberikan hasil yang lebih baik dari LPF dan HPF dengan nilai SNR tertinggi untuk BPS sebesar 29,9321 db pada orde filter 6 [6].

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Salih dengan menggunakan Low Pass Filter untuk mereduksi *noise* pada file audio. Data audio yang digunakan berformat WAV yang diujicobakan pada matlab. Pengujian dilakukan dengan melewati sinyal pada low pass filter dimana akan menghasilkan sinyal baru yang telah dikurangi *noisenya*. Low pass filter digunakan untuk mengurangi *noise* dari sinyal dengan frekuensi dan *ripple factor* yang berbeda-beda. Dengan menggunakan metode ini memberikan hasil yang sangat baik dalam menghilangkan *noise* pada sinyal [7].

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Podder dkk dengan mendesain dan mengimplementasikan filter sinyal suara. Desain filter yang menjadi bahan perbandingannya yaitu filter Butterworth, Chebyshev-1, dan Elliptic. Disamping membandingkan ketiga jenis filter tersebut, Podder dkk juga mengaplikasikan filter-filter tersebut pada desain filter IIR low pass, high pass, bandpass dan stop pass dengan maksud untuk membandingkan desain-desain filter tersebut menggunakan parameter yang berbeda-beda seperti respons impuls, respon magtidue, respon fase yang disimulasikan pada Matlab. Hasil menunjukkan bahwa desain filter Buterworth memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan Chebyshev-1, dan Elliptic berdasarkan hasil keluaran spectrumnya [8].

## 2.2 Kompresi Data

Pada dasarnya data apapun sebenarnya adalah merupakan rangkaian bit 0 dan 1. Yang membedakan antara suatu data tertentu dengan data yang lain adalah ukuran dari rangkaian bit dan bagaimana 0 dan 1 itu ditempatkan dalam rangkaian bit tersebut. Misalnya data berupa audio dan video, dalam data audio suatu rangkaian bit tertentu mewakili satu nada, sedangkan dalam data video suatu rangkaian bit mewakili suatu stream video, dimana dalam stream video terdapat image dalam satu pixel. Semakin



kompleks suatu data, ukuran rangkaian bit yang diperlukan semakin panjang, dengan demikian ukuran keseluruhan data juga semakin besar [6].

Ukuran data merupakan faktor penting dalam penyimpanan dan pengiriman data computer, ukuran data yang kecil akan menghemat ruang memori dan mengurangi waktu pengiriman. Maka dibutuhkan kompresi data untuk memampatkan data berukuran besar menjadi ukuran yang lebih sederhana tanpa menghilangkan kualitas data tersebut secara signifikan.

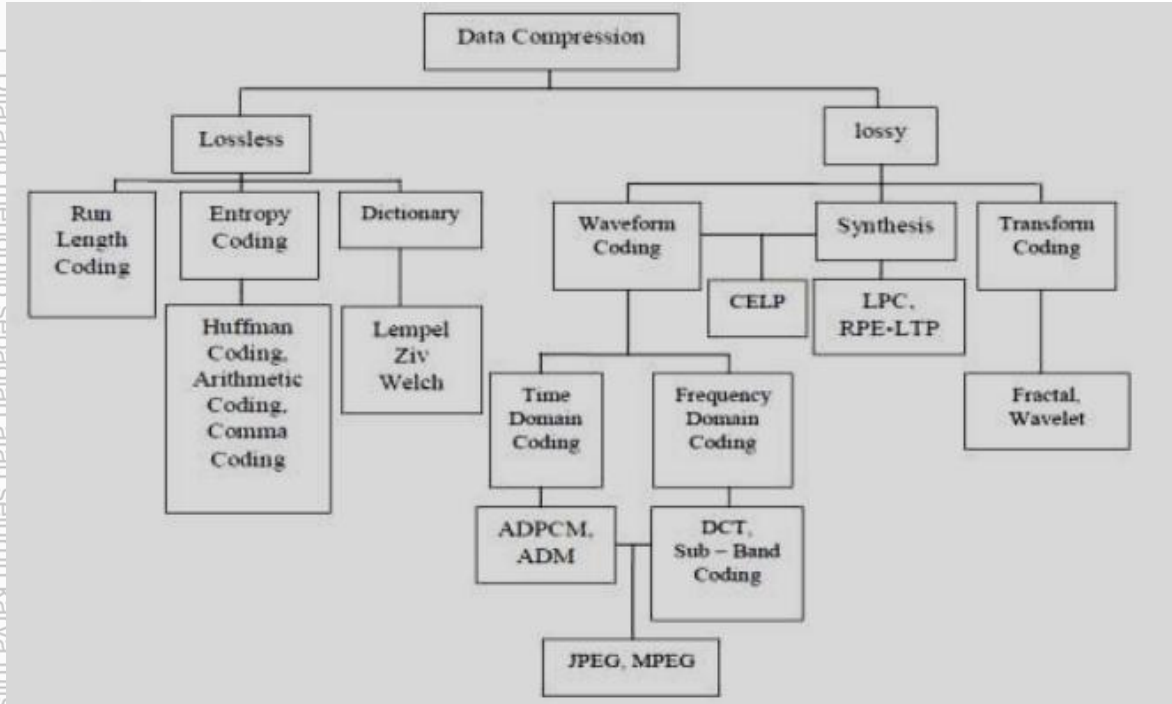
Teknik kompresi terdiri dari 3 kategori, antara lain : sumber, entropy, dan hybrid. Untuk kompresi kategori sumber yaitu jenis audio lossy, terjadi beberapa bagian komponen dari data yang hilang akibat dari proses kompresi. Untuk kategori entropy adalah jenis audio lossless, yang berarti tidak ada data yang hilang selama proses kompresi berjalan. Sedangkan untuk kategori hybrid, merupakan kombinasi dari jenis audio lossy dan lossless [7].

Berdasarkan teknik pengkodean/pengubahan simbol yang digunakan, metode kompresi dapat dibagi ke dalam tiga kategori [8], yaitu :

1. Metode *symbolwise* : menghitung peluang kemunculan dari tiap simbol dalam *file* input, lalu mengkodekan satu simbol dalam satu waktu, dimana simbol yang lebih sering muncul diberi kode lebih pendek dibandingkan simbol yang lebih jarang muncul. Contoh: algoritma *Huffman*.
2. Metode *dictionary* : menggantikan karakter/fragmen dalam *file* input dengan indeks lokasi dari karakter/fragmen tersebut dalam sebuah kamus (*dictionary*). Contoh : algoritma LZW (*Lempel-Ziv-Welch*).
3. Metode *predictive* : menggunakan model *finite-context* atau *finite-state* untuk memprediksi distribusi probabilitas dari simbol-simbol selanjutnya. Contoh : algoritma DMC (*Dynamic Markov Compression*).

Secara garis besar klasifikasi metode kompresi data dapat dilihat pada gambar 2.2



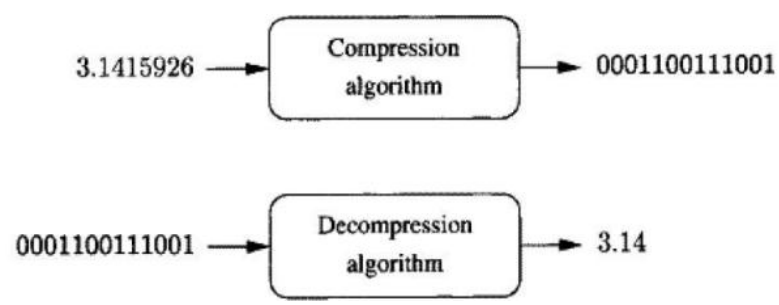


Gambar 2.1 Klasifikasi dari beberapa teknik kompresi data [8]

### 2.3 Metode Kompresi Lossy

Pada teknik ini akan terjadi kehilangan sebagian informasi. Data yang telah dimampatkan dengan teknik ini secara umum tidak bisa direkonstruksi sama persis dari data aslinya. Di dalam banyak penerapan, rekonstruksi yang tepat bukan suatu masalah. Sebagai contoh, ketika sebuah sample suara ditransmisikan, nilai eksak dari setiap sample suara belum tentu diperlukan. Tergantung pada yang memerlukan kualitas suara yang direkonstruksi, sehingga banyaknya jumlah informasi yang hilang di sekitar nilai dari setiap sample dapat ditoleransi [8].

Biasanya teknik ini membuang bagian-bagian data yang sebenarnya tidak begitu berguna, tidak begitu dirasakan, tidak begitu dilihat sehingga manusia masih beranggapan bahwa data tersebut masih bisa digunakan walaupun sudah dikompresi. Misalnya pada gambar dan MP3. Contoh metode ini adalah *Transform Coding*. *Lossy compression* disebut juga *irreversible compression* karena data asli mustahil untuk dikembalikan seperti semula. Kelebihan teknik ini adalah rasio kompresi yang tinggi dibanding metode *lossless* [8].



Gambar 2.2 Kompresi Lossy [8]

## 2.4 Wavelet Transform

Transformasi wavelet memiliki prinsip dasar membagi data menjadi komponen-komponen frekuensi yang berbeda. Proses ini dinamakan dekomposisi. Proses transformasi sinyal menjadi koefisien-koefisien wavelet diperoleh dengan filtering menggunakan *highpass filter* dan *lowpass filter* yang kemudian di *sub-sampling*. Operasi *sub-sampling* adalah operasi untuk mengurangi sampel sinyal menjadi setengahnya dan tetap mempertahankan periodanya. *Sub-sampling* dapat dilakukan dengan cara menghilangkan titik-titik yang bernomor ganjil dan hanya akan mengambil sampel-sampel yang berindeks genap. Sedangkan untuk menggabungkan koefisien-koefisien wavelet dinamakan rekonstruksi. Proses ini merupakan kebalikan dari proses dekomposisi. [9]

Wavelet adalah suatu teknik matematika yang bermanfaat untuk analisis numerik dan manipulasi dari kumpulan satu atau dua dimensi sinyal. Inti dari wavelet adalah bagaimana mendekomposisi sinyal  $f$  ke dalam basis fungsi  $\psi_i$  dengan  $i$  merupakan level dekomposisi. Hal ini dapat dirumuskan dalam Persamaan 1:

$$f = \sum a_i \psi_i \tag{1.1}$$

Transformasi wavelet merupakan suatu perhitungan matematis yang digunakan untuk menyajikan data atau fungsi atau operator ke dalam komponen – komponen frekuensi yang berlainan, dan kemudian mengkaji setiap komponen dengan suatu resolusi yang sesuai dengan skalanya. Fungsi basisnya adalah gelombang pendek dengan durasi terbatas, sehingga digunakanlah nama ‘*wavelets*’. Fungsi basis Transformasi Wavelet diskalakan sehubungan dengan frekuensi. Ada banyak wavelet berbeda yang dapat

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.



digunakan sebagai fungsi basis seperti *Haar*, *Daubechies*, *Symlet*, *Coiflet*, *Biorthogonal*, *Meyer*, *Mexican Hat* dan *Morlet* [10].

Fungsi dasar  $\psi(t)$ , disebut juga dengan wavelet induk yaitu fungsi transform. Istilah wavelet induk diberi nama demikian karena dua sifat penting wavelet. Istilah wavelet berarti gelombang kecil (*small waves*). Kecilnya gelombang mengacu pada kondisi bahwa fungsi(jendela) ini memiliki panjang yang terbatas. Gelombang mengacu pada kondisi bahwa fungsi ini berosilasi. Istilah induk menyiratkan bahwa fungsi dengan wilayah dukungan yang berbeda yang digunakan dalam proses transformasi berasal dari satu fungsi utama, atau wavelet induk. Dengan kata lain, wavelet induk adalah prototipe untuk menghasilkan fungsi jendela lainnya [10].

Berkat operasi sub-sampling yang menghilangkan informasi sinyal yang berlebihan, transformasi wavelet telah menjadi salah satu metode kompresi data yang paling handal. Biro investigasi federal (FBI) Amerika Serikat menggunakan metode ini dalam proses kompresi data sidik jari mereka [11].

### 2.4.1 Wavelet Haar

Wavelet Haar merupakan wavelet paling sederhana dan paling tua yang ditemukan pada tahun 1909. Jenis wavelet ini dikenal sebagai wavelet induk yang digunakan sejak pertama kali secara intensif. Fungsi wavelet Haar adalah sebagai berikut:

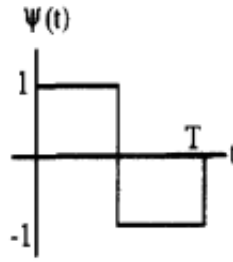
$$\psi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1/2 \\ -1, & 1/2 \leq x < 1 \\ 0, & x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\phi(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & x \text{ yang lain} \end{cases} \quad (2.3)$$

Wavelet Haar termasuk dalam kategori Orthogonal, karena wavelet Haar sama dengan wavelet db1(Daubechies orde 1). Panjang tapis wavelet Haar adalah 2. Fungsi penskalaan wavelet Haar ditunjukkan pada gambar berikut



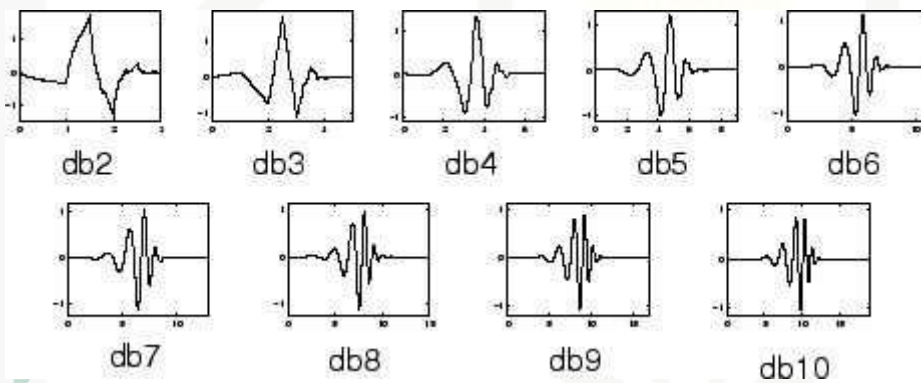
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. 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.



Gambar 2.3 Wavelet Haar [10].

### 2.4.2 Wavelet Daubechies

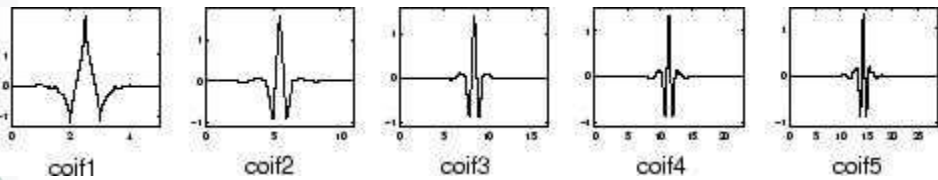
Wavelet Daubechies adalah pengembangan dari wavelet Haar. Wavelet Daubechies memiliki nama pendek db, dan untuk orde N dituliskan dengan dbN. Orde wavelet Daubechies adalah  $N=1$  atau haar,  $N=2, \dots, N=45$ . Panjang filter wavelet daubechies adalah  $2N$ . Sebagai contoh daubechies-2 disingkat (db2) adalah wavelet daubechies dengan banyak filter 4 yang db3 adalah wavelet daubechies dengan banyak filter 6 dan seterusnya.



Gambar 2.4 Keluarga Wavelet Daubechies [15].

### 2.4.3 Wavelet Coiflet

Wavelet Coiflet memiliki nama pendek coif, untuk orde N dituliskan dengan coifN. Wavelet coiflet memiliki orde  $N = 1, 2, \dots, 5$ .

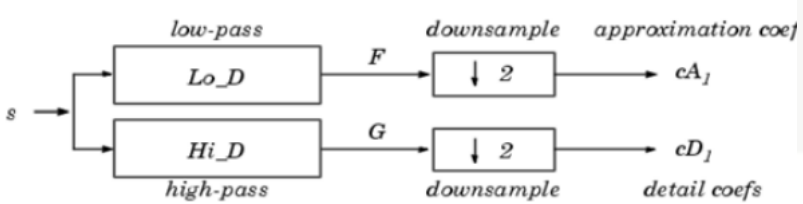


Gambar 2.5 Keluarga Wavelet Coiflet [15].

**2.5 Discrete wavelet transform (DWT)**

Prinsip dasar dari DWT adalah bagaimana cara mendapatkan representasi waktu dan skala dari sebuah sinyal menggunakan teknik pemfilteran digital dan operasi sub-sampling.

Sinyal pertama-tama dilewatkan pada rangkaian filter *high-pass* dan *low-pass*, kemudian setengah dari masing-masing keluaran diambil sebagai sampel melalui operasi *sub-sampling*. Proses ini disebut sebagai proses dekomposisi satu tingkat. Keluaran dari filter *low-pass* digunakan sebagai masukan di proses dekomposisi tingkat berikutnya. Proses ini diulang sampai tingkat proses dekomposisi yang diinginkan. Gabungan dari keluaran-keluaran filter *high-pass* dan satu keluaran filter *low-pass* yang terakhir, disebut sebagai koefisien wavelet [12].



Gambar 2.6 Proses Dekomposisi level 1 [12]

**2.6 Filter Digital Butterworth**

Filter digital merupakan suatu program (algoritma) yang dibuat sedemikian sehingga karakteristiknya menyerupai filter analog yang bersesuaian. Filter digital dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Finite Impulse Response (FIR)* dan *Infinite Impulse*





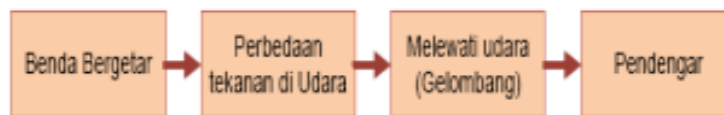


teknik sampling dikenal istilah sampling rate yaitu beberapa gelombang yang diambil dalam satu detik. Sebagai contoh jika kualitas CD Audio dikatakan memiliki frekuensi sebesar 44100 Hz, berarti jumlah sampel sebesar 44100 per detik.

Representasi digital dari data audio memiliki banyak keuntungan: kekebalan *noise* yang tinggi, stabilitas, dan keterulangan(*reproducibility*). Audio dalam bentuk digital juga memungkinkan implementasi yang efisien dari banyak fungsi pengolahan audio (misalnya, pencampuran, penyaringan, dan ekualisasi) melalui komputer digital.

### 2.8 Audio digital

Audio(suara) adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran suatu benda yang berupa sinyal analog dengan amplitudo yang berubah secara kontinyu terhadap waktu



Gambar 2.7. Alur Gelombang Suara

Selama bergetar, perbedaan tekanan terjadi di udara sekitarnya. Pola osilasi yang terjadi dinamakan sebagai gelombang. Gelombang mempunyai pola sama yang berulang pada interval tertentu, yang disebut sebagai periode. Contoh suara periodik adalah instrumen musik, nyanyian burung sedangkan contoh suara non periodik adalah batuk, percikan ombak dan lain-lain.

Ida dibalik sistem digital adalah merepresentasikan suatu bentuk gelombang analog (kontinyu) sebagai note sejumlah nilai diskrit. Nilai-nilai ini dapat disimpan di media digital apa pun, seperti komputer. Kemudian, nilai-nilai dapat dikonversi kembali ke sinyal audio analog. Metode ini menguntungkan daripada teknik analog lama karena tidak ada informasi (kualitas) yang hilang dalam proses penyimpanan dan pengambilan. Juga tidak seperti analog, ketika salinan rekaman digital dibuat, nilai dapat diduplikasi secara tepat, menciptakan replika yang tepat dari karya digital asli. Namun, proses tersebut tidak merugikan lainnya. Kerugian ini terjadi dalam proses konversi dari analog ke format digital.



Penting untuk membedakan antara format *file* dan codec *audio*. Codec melakukan Encoding dan decoding data *audio* mentah sementara data itu sendiri disimpan dalam *file* dengan format *file audio* tertentu. Meskipun sebagian besar format *file audio* hanya mendukung satu jenis data *audio* (dibuat dengan coder *audio*), multimedia container format (seperti Matroska 9 atau AVI) dapat mendukung beberapa jenis data *audio* dan video. Ada tiga kelompok utama format *file audio*.

1. Format audio yang tidak terkompresi (*Uncompressed Audio Format*), seperti WAV, AIFF, AU atau raw header-less PCM;
2. Format audio dengan kompresi lossless (*Lossless Compressed*), seperti FLAC, Monkey's Audio (yang berekstensi APE), WavPack (yang berekstensi WV), TTA, ATRAC Advance Lossless, Apple Lossless yang berekstensi m4a), MPEG-4 SLS, MPEG-4 ALS, MPEG -4 DST, Windows Media Audio Lossless (WMA Lossless), dan Shorten (SHN);
3. Format audio dengan kompresi lossy (*Lossy Compressed*), seperti MP3, Vorbis, Musepack, AAC, ATRAC dan Windows Media Audio lossy (WMA lossy).

## 2.9 File WAV

Aplikasi multimedia seperti diketahui memerlukan manajemen penyimpanan dari sejumlah jenis data yang bervariasi, termasuk bitmap, data audio, data video, informasi mengenai kontrol device periperhal. RIFF menyediakan suatu cara untuk menyimpan semua jenis data tersebut. Tipe data pada sebuah file RIFF dapat diketahui dari ekstensi filenya. Sebagai contoh jenis-jenis file yang disimpan dalam bentuk format RIFF adalah sebagai berikut:

1. Audio/visual interleaved data (.AVI)
2. Waveform data (.WAV)
3. Bitmapped data (.RDI)
4. MIDI information (.RMI)
5. Color palette (.PAL)
6. Multimedia Movie (.RMN)



## 7. Animated cursor (.ANI)

WAV adalah format audio standar Microsoft dan IBM untuk personal computer (PC), biasanya menggunakan coding PCM (Pulse Code Modulation). WAV adalah data tidak terkompres sehingga seluruh sampel audio disimpan semuanya di harddisk. Software yang dapat menciptakan WAV dari analog sound misalnya adalah Windows Sound Recorder. File audio ini jarang sekali digunakan di internet karena ukurannya yang relatif besar dengan batasan maksimal untuk file WAV adalah 2GB.

### 2.10 Struktur File WAV

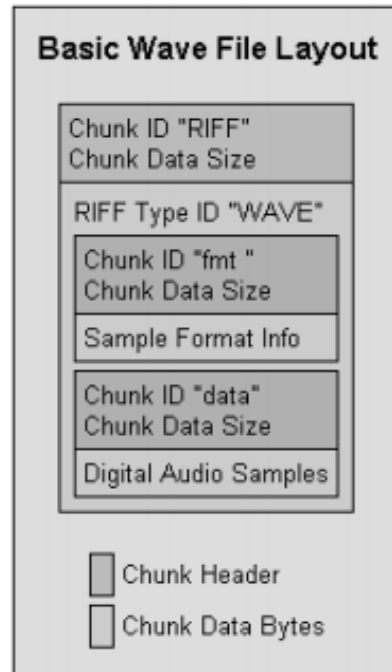
File WAV menggunakan struktur standar RIFF yang mengelompokkan isi file (sampel format, sampel digital audio, dan lain sebagainya) menjadi “chunk” yang terpisah, setiap bagian mempunyai header dan byte data masing-masing. Header chunk menetapkan jenis dan ukuran dari byte data chunk. Dengan metoda pengaturan seperti ini maka program yang tidak mengenali jenis chunk yang khusus dapat dengan mudah melewati bagian chunk ini dan melanjutkan langkah memproses chunk yang dikenalnya. Jenis chunk tertentu mungkin terdiri atas subchunk. Sebagai contoh, pada gambar 2.5 dapat dilihat chunk “fmt” dan “data” sebenarnya merupakan subchunk dari chunk “RIFF” [16].

Chunk pada file RIFF merupakan suatu string yang harus diatur untuk tiap kata. Ini berarti ukuran total dari chunk harus merupakan kelipatan dari 2 byte (seperti 2, 4, 6, 8 dan seterusnya). Jika suatu chunk terdiri atas jumlah byte yang ganjil maka harus dilakukan penambahan byte (extra padding byte) dengan menambahkan sebuah nilai nol pada byte data terakhir. Extra padding byte ini tidak ikut dihitung pada ukuran chunk. Oleh karena itu sebuah program harus selalu melakukan pengaturan kata untuk menentukan ukuran nilai dari header sebuah chunk untuk mengkalkulasi offset dari chunk berikutnya [16].



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.



Gambar 2.8. Layout File WAV

### 2.10.1 Header File WAV

Header file Wav mengikuti struktur format file RIFF standar. Delapan byte pertama dalam file adalah header chunk RIFF standar yang mempunyai chunk ID “RIFF” dan ukuran chunk didapat dengan mengurangi ukuran file dengan 8 byte yang digunakan sebagai header. Empat byte data yaitu kata “RIFF” menunjukkan bahwa file tersebut merupakan file RIFF. File Wav selalu menggunakan kata “WAV” untuk membedakannya dengan jenis file RIFF lainnya sekaligus digunakan untuk mendefinisikan bahwa file tersebut merupakan file audio waveform. Sebagaimana terlihat pada table 2.1

Tabel 2.1 Nilai Jenis Chunk RIFF

Offset	Ukuran	Deskripsi	Nilai
0x00	4	Chunk ID	“RIFF” (0x52494646)
0x04	4	Ukuran Data Chunk	(ukuran <i>file</i> ) -8
0x08	4	Jenis RIFF	“WAVE” (0x57415645)
0x10	Chunk WAVE		



### 2.10.2 Chunk File WAVE

Ada beberapa jenis chunk untuk menyatakan file Wave. Kebanyakan file Wave hanya terdiri atas 2 buah chunk, yaitu Chunk Format dan Chunk Data. Dua jenis chunk ini diperlukan untuk menggambarkan format dari sampel digital audio. Meskipun tidak diperlukan untuk spesifikasi file Wave yang resmi, lebih baik menempatkan Chunk Format sebelum Chunk Data. Kebanyakan program membaca chunk tersebut dengan urutan di atas dan jauh lebih mudah dilakukan streaming digital audio dari sumber yang membacanya secara lambat dan linear seperti Internet. Jika Chunk Format lebih dulu ditempatkan sebelum Chunk Data maka semua data dan format harus di-stream terlebih dahulu sebelum dilakukan playback.

Tabel 2.2. Format Chunk RIFF

Offset	Ukuran *	Deskripsi
0x00	4	Chunk ID
0x04	4	Ukuran Data Chunk
0x08	<i>Byte Data Chunk</i>	

### 2.10.3 Chunk Format

*Chunk* format terdiri atas informasi tentang bagaimana suatu data *waveform* disimpan dan cara untuk dimainkan kembali, termasuk jenis kompresi yang digunakan, jumlah kanal, laju pencuplikan (*sampling rate*), jumlah *bit* tiap sampel dan atribut lainnya.

*Chunk* format ini ditandai dengan *chunnk ID* "fmt". Sebagaimana dapat dilihat pada table

2.3

Tabel 2.3 Nilai-Nilai *Chunk* Format File Wav

Offset	Ukuran	Deskripsi	Nilai
0x00	4	Chunk ID	"fmt" (0x666D7420)
0x04	4	Ukuran Data Chunk	16 + <i>extra format bytes</i>
0x08	2	Kode Kompresi	1 – 65,535
0x0a	2	Jumlah Kanal	1 – 65,535
0x0c	4	Laju Pencuplikan	1 – 0xFFFFFFFF
0x10	4	Jumlah rata-rta <i>byte</i> tiap detik	1 – 0xFFFFFFFF



0x14	2	<i>Block Align</i>	1 – 65,535
0x16	2	<i>Bit Significant</i> tiap sampel	2 – 65,535
0x18	2	<i>Extra format bytes</i>	0 – 65,535
0x1a	<i>Extra format bytes</i>		

**A. Chunk ID dan Ukuran Data**

*Chunk ID* selalu ditandai dengan kata “fmt “ (0x666D7420) dan ukurannya sebesar data format *Wav* (16 *byte*) ditambah dengan *extra format byte* yang diperlukan untuk format *Wav* khusus, jika tidak terdiri atas data PCM tidak terkompresi. Sebagai catatan string *chunk ID* ini selalu diakhir dengan karakter spasi (0x20). *Chunk ID* “fmt “ digunakan sebagai informasi *file Wav*, informasi ini berupa: *Compression Code*, *Number of Channels*, *Sample Rate*, *Average Bytes per Second*, *Block Align*, *Significant Bits per Sample*, *Extra Format Bytes*.

**B. Kode Kompresi (*Compression Code*)**

Setelah *chunk ID* dan ukuran data *chunk* maka bagian pertama dari format *data file Wav* menyatakan jenis kompresi yang digunakan pada *data Wav*. Daftar kode kompresi yang digunakan dapat dilihat pada table 2.4

Tabel 2.4 Kode Kompresi *Wav*

Kode	Deskripsi
0 (0x0000)	Tidak Diketahui
1 (0x0001)	PCM / Tidak Terkompresi
2 (0x0002)	Mocirosoft ADPCM
6 (0x0006)	ITU G.711 a-law
7 (0x0007)	ITU G.711 $\mu$ -law
17 (0x0011)	IMA ADPCM
20 (0x0016)	ITU G.723 ADPCM (Yamaha)
49 (0x0031)	GSM 6.10
64 (0x0040)	ITU G.721 ADPCM
80 (0x0050)	MPEG
65,536 (0xFFFF)	Tahap Uji Coba





### C. Jumlah Kanal (*Number of Channels*)

Jumlah kanal menyatakan berapa banyak signal *audio* terpisah yang di-*encode* dalam *chunk data Wav*. Nilai 1 (satu) berarti merupakan signal *mono*, nilai 2 (dua) berarti signal *stereo* dan seterusnya.

### D. Laju Pencuplikan (*Sampling Rate*)

Menyatakan jumlah potongan sampel tiap detik. Nilai ini tidak dipengaruhi oleh jumlah kanal.

### E. Jumlah Rata-Rata Byte Tiap Detik (*Average Bytes Per Second*)

Nilai ini mengindikasikan berapa besar *byte data Wav* harus di-*stream* ke konverter D/A (*Digital Audio*) tiap detik sewaktu suatu *file Wav* dimainkan. Informasi ini berguna ketika terjadi pengecekan apakah data dapat di-*stream* cukup cepat dari suatu sumber agar sewaktu *playback* pembacaan data tidak terhenti. Nilai ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$\text{AvgBytesPerSec} = \text{SampleRate} \times \text{BlockAlign} \quad (2.9)$$

### F. Block Align

Menyatakan jumlah *byte* tiap potongan sampel. Nilai ini tidak dipengaruhi oleh jumlah kanal dan dapat dikalkulasi dengan rumus di bawah ini:

$$\text{BlockAlign} = \text{SignificantBitsPerSample} / 8 \times \text{NumChannels} \quad (2.10)$$

### G. Bit Signifikan Tiap Sampel (*Significant Bits Per Sample*)

Nilai ini menyatakan jumlah *bit* yang digunakan untuk mendefinisikan tiap sampel. Nilai ini biasanya berupa 8, 16, 24 atau 32 (merupakan kelipatan 8). Jika jumlah *bit* tidak merupakan kelipatan 8 maka jumlah *byte* yang digunakan tiap sampel akan dibulatkan ke ukuran *byte* paling dekat dan *byte* yang tidak digunakan akan diset 0 (nol) dan diabaikan.



## H. Extra Format Byte

Nilai ini menyatakan berapa banyak format *byte* tambahan. Nilai ini tidak ada jika kode kompresi adalah 0 (*file* PCM yang tidak terkompresi). Jika terdapat suatu nilai pada bagian ini maka ini digunakan untuk menentukan jenis *file Wav* yang memiliki kompresi dan ini memberikan informasi mengenai jenis kompresi apa yang diperlukan untuk *men-decode data Wav*. Jika nilai ini tidak dilakukan *word aligned* (merupakan kelipatan 2), penambahan *byte (padding)* pada bagian akhir data ini harus dilakukan.

*Chunk* ini ditandai dengan adanya string “data”. *Chunk Data* pada *file Wav* terdiri atas *sampel digital audio* yang mana dapat *didecode* kembali menggunakan metoda kompresi atau format biasa yang dinyatakan dalam *chunk* format *Wav*. Jika kode kompresinya adalah 1 (jenis PCM tidak terkompresi), maka “Data Wav” terdiri atas nilai sampel mentah (*raw sample value*). Sebagaimana dapat dilihat pada table 2.5

Tabel 2.5 Format Data *Chunk*

Offset	Ukuran	Tipe	Deskripsi	Nilai
0x00	4	char[4]	Chunk ID	“data” (0x64617461)
0x04	4	Dword	Ukuran chunk	Tergantung pada panjang sampel dan jenis kompresi
0x08	Sampel data			

Sampel *digital audio multi-channel* disimpan dalam bentuk *Data Wav Interlaced*. *File Wav multi-channel* (seperti *stereo* dan *surround*) disimpan dengan mensiklus tiap kanal sampel *audio* sebelum melakukan pembacaan lagi untuk tiap waktu cuplik berikutnya. Dengan cara seperti ini maka *file audio* tersebut dapat dimainkan atau di-*stream* tanpa harus membaca seluruh isi *file*. Lebih praktis dengan cara seperti ini ketika sebuah *file Wav* dengan ukuran yang besar dimainkan dari disk (mungkin tidak dapat dimuat seluruhnya ke dalam memori) atau ketika melakukan *streaming* sebuah *file Wav* melalui jaringan Internet.

### 2.11 Noise

*Noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), listrik, maupun elektronis yang hadir dalam suatu sistem dalam bentuk gangguan yang bukan

merupakan sinyal yang diinginkan. Gangguan yang diakibatkan oleh *noise* dapat mengubah sinyal informasi, yang menyebabkan gelombang sinus mempunyai sinyal *noise* yang kecil yang bergabung didalamnya. Sehingga penerima tidak dapat membedakan sinyal informasi yang sebenarnya dari *noise* yang ditambahkan [13]. Seperti yang terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.9 (a) Gelombang sinus asli (b) Gelombang sinus Karena pengaruh *noise*

## 2.12 Matrix Library(MATLAB)

MATLAB adalah suatu program untuk analisis dan komputasi numerik dan merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Pada awalnya, program ini merupakan interface untuk koleksi rutin-rutin numeric dari proyek LINPACK dan EISPACK, dan dikembangkan menggunakan bahasa FORTRAN namun sekarang merupakan produk komersial dari perusahaan Mathworks, Inc.yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan assembler (utamanya untuk fungsi-fungsi dasar MATLAB).

MATLAB telah berkembang menjadi sebuah environment pemrograman yang canggih yang berisi fungsi-fungsi built-in untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier, dan kalkulasi matematis lainnya. MATLAB juga berisi toolbox yang berisi fungsi-fungsi tambahan untuk aplikasi khusus . MATLAB bersifat extensible, dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan pada library ketika fungsi-fungsi built-in yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu.

MATLAB yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks sering digunakan untuk teknik komputasi numerik, untuk menyelesaikan masalah-masalah yang melibatkan operasi matematika elemen, matrik, optimasi, aproksimasi dan lain-lain. Sehingga Matlab banyak digunakan pada: (1) Matematika dan Komputansi, (2) Pengembangan dan Algoritma, (3) Pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan





prototype, (4) Analisa Data , eksplorasi dan visualisasi, (5) Analisis numerik dan statistic, dan (6) Pengembangan aplikasi teknik.

**2.13 Parameter**

Untuk melihat keberhasilan dari tujuan penelitian ini diperlukan alat ukur atau disebut dengan parameter. Berikut parameter yang digunakan dalam penelitian ini

**2.13.1 Mean Square Error(MSE)**

MSE adalah nilai error kuadrat antara sinyal asli dengan sinyal *noise*. Sinyal hasil kompresi akan menghasilkan *noise*. Nilai MSE yang tinggi menandakan tingkat kinerja kompresi yang tinggi. MSE bernilai 0, menandakan kompresi tidak ada [4]. Nilai MSE didapatkan dari persamaan:

$$MSE = \sum_{i=1}^n (S - S_e)^2 \tag{2.11}$$

Dimana :

MSE = *Mean Square Ratio*

S = Sinyal input

Se = Sinyal output

n = Panjang sinyal

**2.13.2 Peak Signal to Noise Ratio(PSNR)**

Parameter ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas audio digital yang dihasilkan dari proses kompresi dan pengurangan *noise* dalam penelitian ini adalah PSNR. PSNR merupakan nilai perbandingan antara nilai maksimum dari audio hasil dengan nilai rata-rata kuadrat error (MSE), yang dinyatakan dalam satuan decibel (dB). Perhitungan PSNR dirumuskan pada Persamaan berikut :

$$PSNR = 10 \cdot \log \left( \frac{MAX^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log \left( \frac{MAX_i}{\sqrt{MSE}} \right) \tag{2.12}$$

Dimana :

MSE = Mean Square Error

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 1. Dilarang menyalin, 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.  
 © Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 He Cipta E ndungi Urang-ndang  
 State of the Art of Sultan Sari Kasim Riau

MAX = Nilai maksimum dari sinyal

### 2.13.3 Rasio Kompresi

Rasio kompresi data adalah ukuran persentase data yang telah berhasil kompresi. Secara matematis rasio kompresi data ditulis sebagai berikut:

$$R = 100\% - \left( \frac{K_0 - K_1}{K_0} \right) \times 100\% \quad (2.13)$$

Dimana :

R = Rasio Kompresi

$K_0$  = ukuran file asli

$K_1$  = ukuran file terkompresi

- 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.



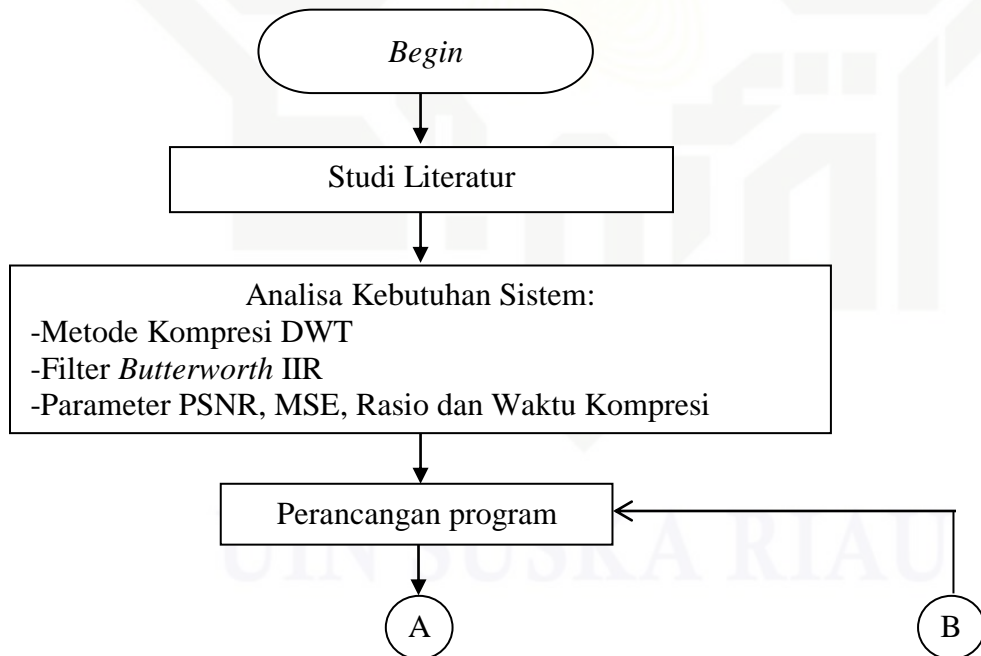
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif karena lebih menekankan pada aspek pengukuran secara objektif yang menghasilkan nilai berupa angka. Di dalam bab ini, yang akan dijelaskan adalah langkah-langkah kompresi dan pengurangan *noise* audio digital yakni dalam hal ini menggunakan metode kompresi *Discrete wavelet transform* dan *Infinite Impulse Response Butterworth Filter* jenis *Sub Band* yang akan dilakukan pada beberapa file audio dengan format WAV menggunakan software matlab R2014a. Langkah ini dibuat agar memudahkan penulis dalam proses penelitian ini. Software matlab R2014a memiliki kemampuan mengintegrasikan komputasi, visualisasi, audio, dan pemrograman sehingga memudahkan penulis dalam melakukan penelitian tanpa terkendala keterbatasan peralatan pada penelitian ini.

### 3.1 Prosedur Penelitian

Pada sub bab ini akan dibahas tentang bagaimana langkah-langkah atau prosedur yang dilakukan penulis dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini.

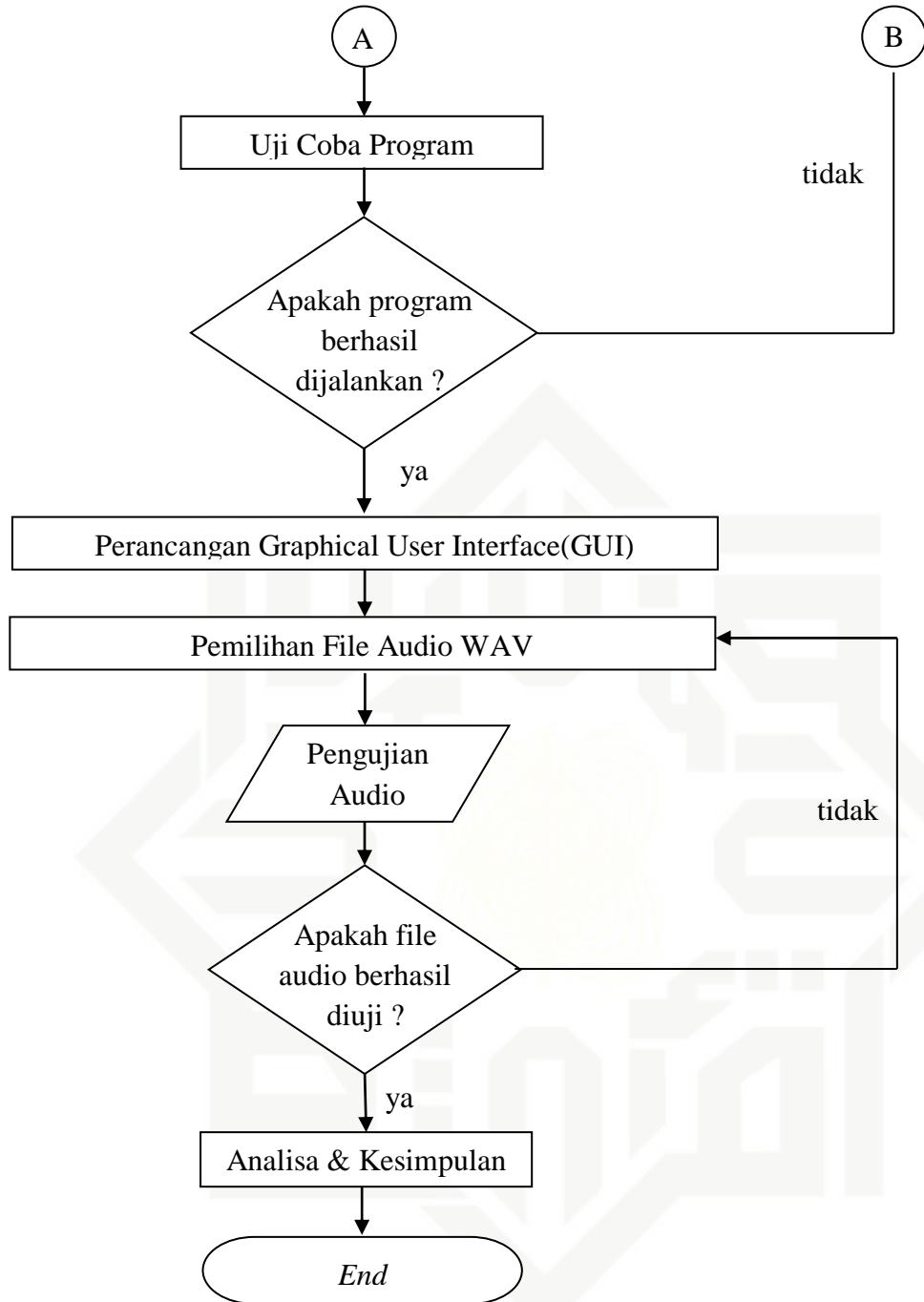


Hak Cipta Ditangguhkan UIN Suska Riau  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tulisan ini tanpa menyebutkan sumber.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass  
 b. Pengutipan tidak merugikan 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.



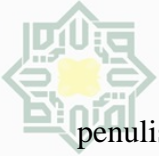
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.



Gambar 3.1. *Flowchart* Penelitian

Berdasarkan Gambar 3.1 *Flowchart* penelitian, langkah pertama dalam pelaksanaan penelitian ini adalah melakukan studi literatur pada jurnal, skripsi maupun buku guna mendapatkan topik yang akan diteliti oleh penulis. Setelah mendapatkan topik yang sesuai,



penulis mengumpulkan referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan kompresi lossy terutama wavelet transform dan Filter Butterworth serta beberapa pendekatan lain yang digunakan dalam merancang sistem penelitian ini.

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap masalah yang akan dibuat serta batasan – batasan terhadap masalah tersebut dan analisis terhadap sistem yang akan dikerjakan sehingga akan diperoleh sistem yang baik. Tahap ini akan mempermudah dalam tahap perancangan karena di dalam tahap ini ditentukan metode apa yang dipakai dan apa saja parameter yang diukur untuk penelitian.

Tahap selanjutnya adalah perancangan program kompresi dan *Noise Reduction*. Setelah program kompresi dan *Noise Reduction* selesai dirancang, selanjutnya adalah tahap uji coba, apakah program dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Jika Program telah berhasil dirancang, maka dilanjutkan dengan perancangan Graphical User Interface(GUI).

Setelah sistem berhasil dibuat, selanjutnya penulis mulai mencari dan memilih data audio yang akan di ujitobakan pada sistem. File audio yang digunakan adalah audio 2 kanal(*stereo*) dengan ukuran yang berbeda-beda. Jika file audio tidak berhasil diproses maka peneliti memilih file audio lain untuk diproses. Jika proses berhasil maka masuk ke tahap selanjutnya yaitu tahap analisa terhadap hasil penelitian kemudian menarik kesimpulan tentang audio hasil kompresi dan pengurangan *noise* menggunakan metode DWT dan Filter Butterworth IIR jenis Band Pass filter.

### 3.2 Spesifikasi alat dan komponen yang dibutuhkan

Berikut alat dan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam pengerjaan perancangan:

1. 1 Set computer dengan spesifikasi :

Processor : Intel Atom CPU N550 1.50GHz

RAM : 2,00 GB

Sistem Operasi : Windows 8.1 Pro, 32-bit

2. Matlab R2014a (Versi 8.3)

3. File Audio

File Audio yang digunakan sebagai input didalam penelitian ini adalah stereo(2 kanal) dengan jenis *uncompressed* dengan format WAV. Pengujian menggunakan 10 file audio



WAV dengan ukuran 100 kb sampai dengan 6000kb. Berikut Tabel data audio yang akan digunakan.

Tabel 3.1 Data audio yang digunakan

NO	Nama File WAV	Ukuran (kB)
1	M-Audio-Venom-8Bit-Tremo-C4.wav	108.8457
2	Steam Train.wav	224.0625
3	bbm_incoming_call.wav	435.14005
4	Roland-JV-2080-Fantasia-C4.wav	482.4473
5	Alesis-Sanctuary-QCard-Crickets.wav	830.4375
6	Hiss os Steam Train2.wav	1334.0781
7	Marimba.wav	1406.2715
8	jenny.wav	1948.543
9	Kurzweil-K2000-Tine-Elec-Piano-C5.wav	2601.3926
10	example.wav	6342.4492

### 3.3 Parameter yang diukur

Parameter sangat penting diterapkan dalam perancangan sistem, karena parameter adalah alat ukur dari pengujian dan membantu dalam menganalisa hasil perancangan sistem. Berikut parameter yang di terapkan dalam penelitian ini.

1. Rasio Kompresi
2. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)
3. MSE (*Mean Square Error*)
4. Waktu kompresi

### 3.4 Algoritma Keseluruhan Sistem

Kompresi Audio menggunakan implementasi Wavelet Transform yakni metode kompresi *Discrete Wavelet Transform* dan *Noise Reduction* menggunakan *Infinite Impulse Response Filter Butterworth* jenis Sub Band memiliki fungsi-fungsi yang menghasilkan algoritma sistem sebagai berikut:





1. Memilih file audio dan mengukur ukuran sinyal asli
2. Dapatkan nilai amplitude dan frekuensi
3. Tentukan jenis wavelet
4. Tentukan level dekomposisi
5. Tentukan ukuran frame
6. Dekomposisi sinyal spektrum menjadi wavelet
7. Terapkan Kompresi Wavelet
8. Hitung nilai MSE dan PSNR audio terkompresi
9. Simpan file audio terkompresi
10. Buka file audio yang telah terkompresi
11. Tentukan frekuensi cutoff
12. Tentukan orde filter
13. Filter audio terkompresi dengan filter Butterworth
14. Simpan file audio terfilter

### 3.5 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dimulai dengan merancang program kompresi DWT dengan implementasi Wavelet Transform, dan menggunakan Filter Butterworth sebagai program pengurangan *noise* pada file hasil kompresi DWT.

#### 3.5.1 Perancangan Program Kompresi

Berikut adalah flowchart metode kompresi secara keseluruhan dimulai dari transformasi (dekomposisi), thresholding, encoding sehingga didapat data audio yang terkompresi. Lalu data tersebut direkonstruksi kembali melalui proses decoding dan inverse transform sehingga menjadi data audio yang dapat digunakan.

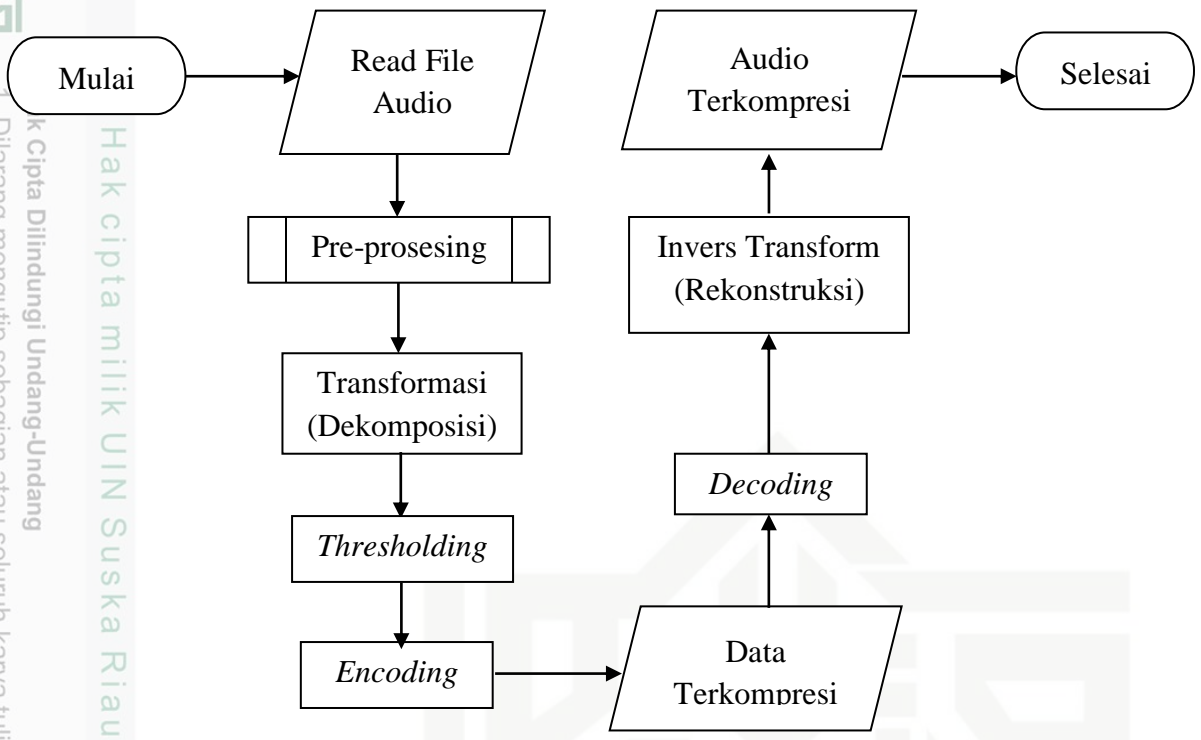
UIN SUSKA RIAU



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.

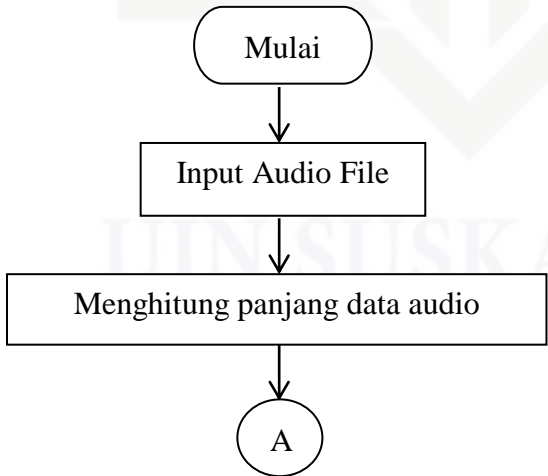
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

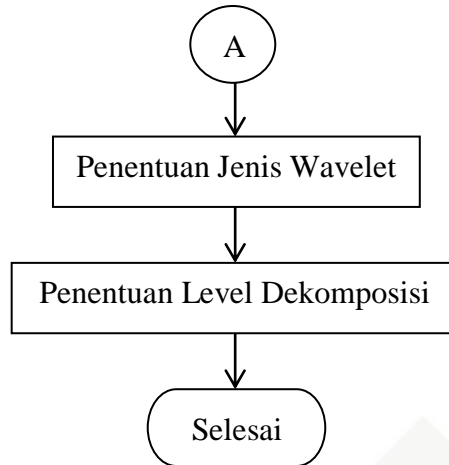


Gambar 3.2 Flowchart metode kompresi menggunakan DWT

Pada gambar 3.2 Flowchart metode kompresi menggunakan DWT diatas, terlihat ada beberapa tahap yang dilalui. Tahap pertama adalah tahap pembacaan file audio. Data audio yang di input akan dibaca oleh sistem sebagai data asli.

Tahap selanjutnya yaitu *Pre-prosesing*, didalam tahap ini terjadi penghitungan panjang sample data audio. Kemudian penentuan jenis wavelet yang akan digunakan. Didalam penelitian ini ada 3 jenis wavelet yang digunakan yaitu Haar, Daubechies dan Coiflet. Kemudian penentuan level dekomposisi.





Gambar 3.3 *Flowchart* Tahapan Pre-Prosesing

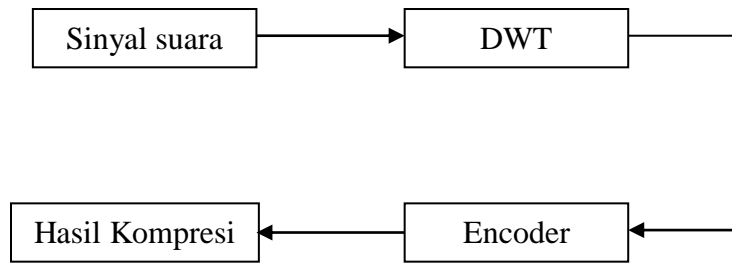
Selanjutnya adalah tahap transformasi wavelet, DWT menggunakan teknik multiresolusi untuk menganalisa frekuensi yang berbeda-beda. Proses transformasi merupakan proses dekomposisi yang menghasilkan koefisien.

Setelah nilai-nilai koefisien didapatkan dari proses tranformasi, Selanjutnya adalah tahap *thresholding*, yaitu menghitung nilai ambang batas yang nantinya akan diterapkan pada nilai koefisien. Dalam tahap ini terjadi pengurangan data.

Sebelum masuk ke tahap encoding, data akan melewati proses kuantisasi terlebih dahulu, yaitu proses memetakan satu set data yang bernilai kontinu ke satu set data yang bernilai diskrit. Tujuan kuantisasi adalah mengurangi informasi yang ditemukan dalam koefisien ambang batas. Kemudian tahap encoding, metode encoding digunakan untuk menghilangkan data yang berulang-ulang terjadi. Dalam tahap ini juga terjadi pengurangan jumlah koefisien dengan cara menghapus data yang berlebih (redundansi data). Sehingga diperoleh data audio yang terkompresi.

Berikut blok diagram proses kompresi per frame dari satu sinyal suara:

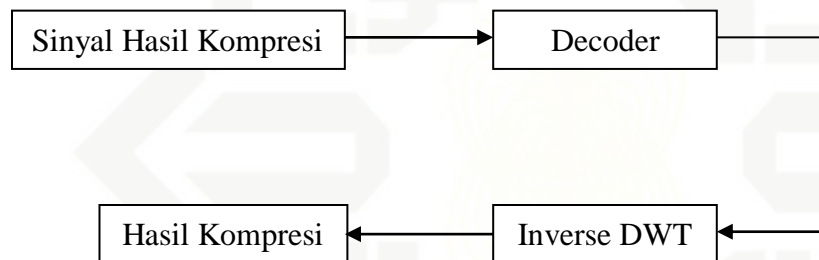




Gambar 3.4 Blok Diagram Proses Kompresi Per Frame Dari Satu Sinyal Suara

Data audio yang terkompresi tidak dapat langsung dibuka karena masih berupa kode-kode, oleh karena itu langkah yang dilakukan selanjutnya yaitu *Decoding* sehingga didapat nilai-nilai koefisien wavelet.

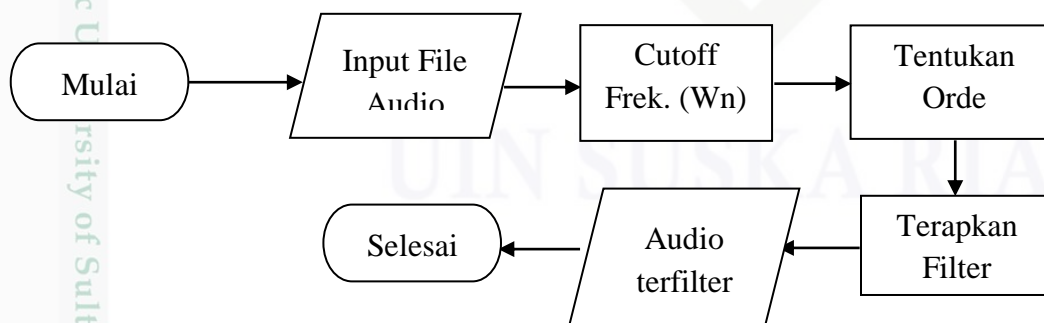
Setelah nilai koefisien didapatkan, maka nilai-nilai tersebut direkonstruksi kembali menggunakan inverse transform sehingga membentuk sinyal audio asli yang dapat digunakan. Berikut blok diagram proses *Decoding* (dekomposisi) per frame dari satu sinyal suara:



Gambar 3.5 Blok Diagram Proses Dekomposisi Per Frame Dari Satu Sinyal Suara

### 3.4.2 Perancangan Program Filter Butterworth

Berikut adalah flowchart metode filter IIR Butterworth dengan jenis Bandpass.



Gambar 3.6 Flowchart Filtering menggunakan Butterworth



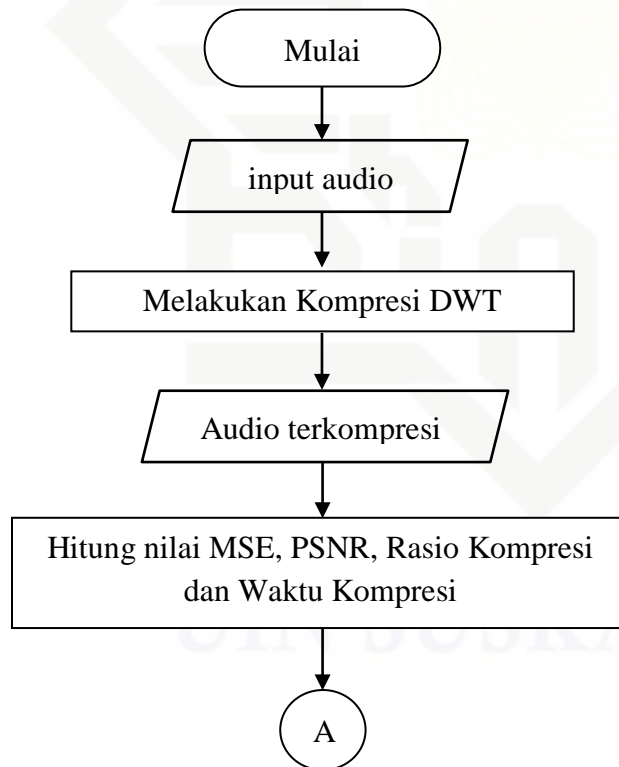


Pada gambar *flowchart Filtering* menggunakan *Butterworth* di atas, hal pertama yang user harus lakukan adalah input file audio, maka Matlab akan membaca Audio masukkan sebagai sinyal input serta membaca frekuensi samplingnya. setelah itu penentuan Frekuensi Cutoff( $W_n$ ), dalam penelitian ini Frekuensi Cutoff menggunakan 2 element vector karena jenis filter yang digunakan adalah *Bandpass*. Selanjutnya adalah menentukan orde, setelah itu masuk ke tahap filter audio. Maka akan menghasilkan output berupa audio terfilter.

### 3.4.3 Perancangan *Graphical User Interface*(GUI)

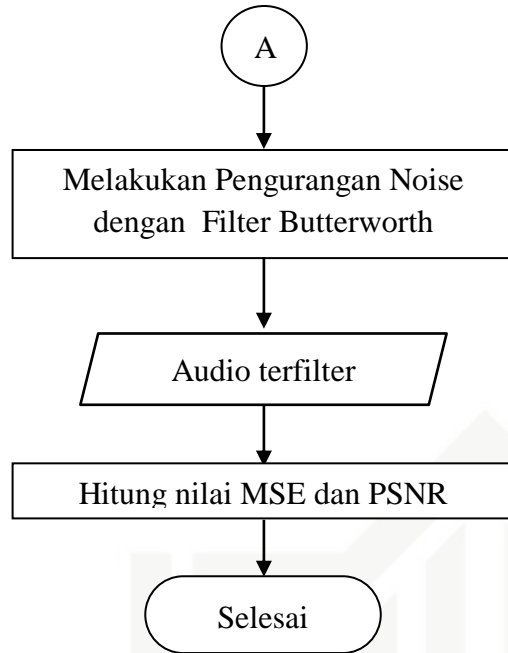
Setelah program berhasil dijalankan, langkah selanjutnya adalah perancangan GUI. GUI dibangun dengan objek grafik, tombol, panel, text dan menu agar mudah digunakan. Kemampuan grafis yang baik pada GUI akan memudahkan dalam proses kompresi dan pengurangan *noise* serta menghitung parameter MSE, PSNR, rasio kompresi dan waktu kompresi.

Berikut ini adalah flowchart dari perancangan GUI



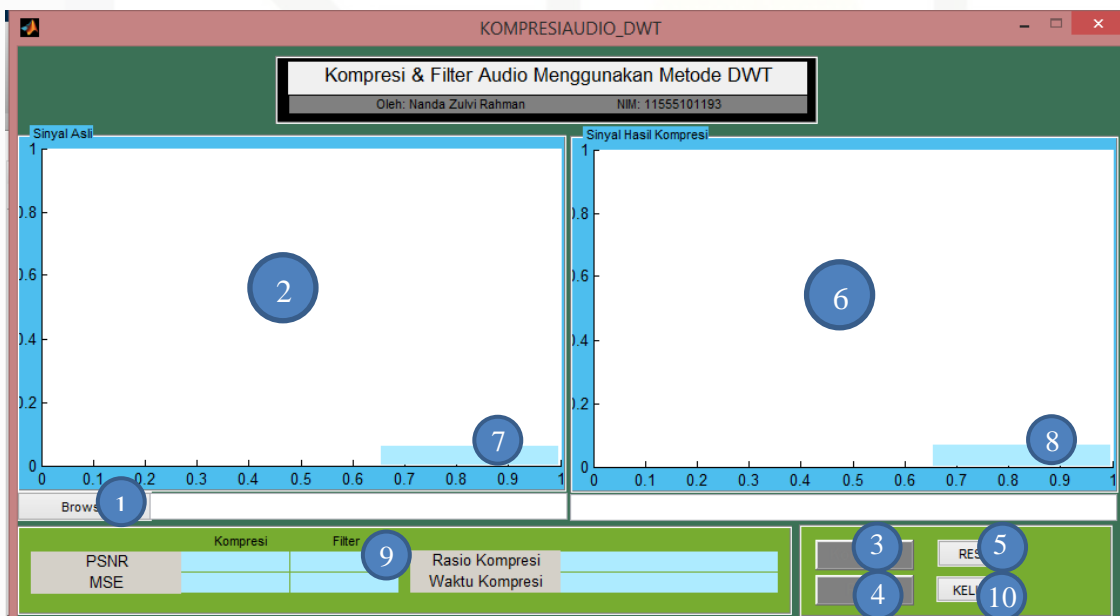
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.



Gambar 3.7 Flowchart Perancangan GUI

Berikut adalah tampilan dari perancangan GUI



Gambar 3.8 Rancangan GUI



Keterangan gambar diatas adalah sebagai berikut :

1. Berfungsi untuk menginput file audio yang akan diuji.
2. Berfungsi untuk menampilkan sinyal audio yang akan diuji
3. Berfungsi untuk mengkompresi file audio.
4. Berfungsi untuk menghilangkan *noise* sinyal audio.
5. Berfungsi untuk menghapus sinyal sebelum dan sesudah dikompresi beserta nilai MSE, PSNR, rasio kompresi dan waktu kompresi pada sistem sehingga dapat melakukan uji coba dengan file audio lain
6. Berfungsi untuk menampilkan sinyal audio yang telah dikompresi dan dioptimasi
7. Berfungsi untuk menampilkan ukuran audio sebelum dikompresi
8. Berfungsi untuk menampilkan ukuran audio sebelum setelah dikompresi
9. Berfungsi untuk menampilkan nilai MSE, PSNR file audio yang telah kompresi dan di optimasi, rasio kompresi dan waktu kompresi.
10. Berfungsi untuk keluar dari sistem aplikasi

### 3.5 Sourcecode Inti Aplikasi

Dalam ilmu komputer, *source code* atau kode program adalah suatu rangkaian pernyataan atau deklarasi yang ditulis dalam bahasa pemrograman komputer yang dapat dibaca oleh manusia. Berikut adalah *source code* inti dari aplikasi :

#### 3.5.1 Pre-prosesing

- a. Membaca data audio

```
[x, Fs] = audioread(file_name);
```

Sourcecode diatas digunakan untuk membaca data audio `file_name` kemudian menyimpan sampel data audio pada variable `x` dan sampel rate audio pada variable `Fs`.

- b. Menghitung panjang data audio

```
xlen=length(x);
t=0:1/Fs:(length(x)-1)/Fs;
```



sourcecode di atas digunakan untuk menghitung panjang himpunan data  $x$  dalam 2 dimensi menjadi sebuah nilai yang disimpan dalam variable  $xlen$ . Kemudian dihitung periode gelombangnya.

### c. Pemilihan wavelet, level dekomposisi dan ukuran frame

```
wavelet='db1';
level=5;
frame_size=2048;
```

Sourcecode di atas digunakan untuk memilih jenis wavelet yang akan digunakan, ada 3 jenis wavelet yang digunakan didalam penelitian ini, yaitu wavelet haar ditulis dengan fungsi 'haar' atau 'db1', wavelet *daubechies* ditulis dengan fungsi 'dbN' dengan N adalah nilai *order*, dan wavelet *coiflet* ditulis dengan fungsi 'coifN' dengan N adalah nilai *order*. Kemudian memilih level dekomposisi dan ukuran frame.

## 3.5.2 Dekomposisi Wavelet

```
[C,L] = wavedec(frame,level,wavelet);
```

Fungsi WAVEDEC berfungsi untuk dekomposisi wavelet yang berisi vector C(koefisien) dan panjang terkait masing-masing vector.

## 3.5.3 Menghitung nilai ambang batas(*thresholding*)

```
[thr,sorh,keepapp] = ddencomp('cmp','wv',frame);
```

Fungsi DDENCMP berfungsi menghasilkan nilai *default global threshold*. Nilai inilah yang nantinya diterapkan pada koefisien.

## 3.5.4 Proses Kompresi

```
[XC,CXC,LXC,PERF0,PERFL2] = wdencomp('gb1',C,L,
wavelet,level,thr,sorh,keepapp);
C=CXC;
L=LXC;
PERF0mean=PERF0mean + PERF0;
```





```
PERFL2mean=PERFL2mean+PERFL2;
```

```
end
```

fungsi **WDENCMP** bekerja dalam proses kompresi sinyal audio dengan **CXC** dan **LCX** sebagai sinyal terkompresi dari sinyal input **C** dan **L**.

### 3.5.5 Menghitung Kuantisasi

```
%Quantization
partition = [min(C) : ((max(C) - min(C)) / 2^n) : max(C)];
codebook = [1 min(C) : ((max(C) - min(C)) / 2^n) : max(C)];
[index, quant, distort] = quantiz(C, partition, codebook);
```

Sourcecode diatas digunakan untuk menghasilkan index kuantisasi dan nilai kuantisasi. Nilai tersebut digunakan untuk menghilangkan data audio sehingga ukuran audio menjadi lebih kecil. kuantisasi dilakukan dengan membulatkan setiap sampel ketingkat kuantisasi terdekat.

### 3.5.6 Menghitung nilai MSE

```
[y1, fs1]=audioread(file_name);
[y2, fs2]=audioread(file_comp);
[c1x, c1y]=size(y1);
[c2x, c2y]=size(y2);
if c1x ~= c2x
    disp('ukuran dimensi tidak sesuai');
else
    R=c1x;
    C=c1y;
    err = (sum(y1(2)-y2).^2) / (R*C);
    MSE=sqrt(err);
end
```

Sourcecode diatas digunakan untuk menghitung nilai MSE dengan cara mencari nilai error kuadrat antara sinyal asli dengan sinyal yang mengandung *noise*. Persamaan MSE dapat dilihat pada rumus 2.11.



### 3.5.7 Menghitung nilai PSNR

```
MAXVAL=255;
PSNR = 20*log10 (MAXVAL/MSE);
MSE= num2str (MSE);
if (MSE > 0)
PSNR= num2str (PSNR);
else
PSNR = 99;
```

Sourcecode diatas digunakan untuk menghitung nilai PSNR. PSNR merupakan nilai perbandingan antara nilai maksimum dari audio hasil yaitu 255 dengan nilai rata-rata kuadrat error (MSE). Persamaan PSNR dapat dilihat pada rumus 2.12.

### 3.5.8 Menghitung Rasio Kompresi

```
CompressionRatio = Size1/Size*100;
```

Sourcode di atas digunakan untuk menghitung Rasio Kompresi. Persamaan Rasio Kompresi dapat dilihat pada rumus 2.13

### 3.5.9 Filter Butterworth

```
[x2,Fs] = audioread(file_comp);
% mulai proses denoise
set(handles.pushbutton_filt,'Enable','off')
order = 1;
wn = [30 240]*2/Fs; % ubah nilai di dalam []
[b, a] = butter(order, Wn, 'bandpass');
filtered_sound = filter(b,a,x2);
```

Sourcode di atas digunakan untuk melakukan filter pada audio menggunakan fungsi desain filter

*Butterworth* dengan jenis filter *Bandpass*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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 mass
  - 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 V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari pegujian kompresi file audio WAV menggunakan metode *Discrete wavelet transform*(DWT) dan pengurangan *noise* menggunakan filter Butterworth adalah sebagai berikut:

1. Sesuai dengan tujuan penelitian bahwa penelitian dapat dijalankan sesuai harapan dimana file audio WAV dapat dikompresi menggunakan algoritma DWT dengan kualitas audio yang ditingkatkan menggunakan filter Butterworth.
2. Algoritma DWT cocok digunakan untuk mengkompresi file audio WAV dengan nilai rata-rata rasio kompresi yaitu 49.99%
3. Kualitas audio kompresi ditentukan oleh pemilihan jenis wavelet yang tepat. Audio dikompresi menggunakan beberapa jenis wavelet kemudian dipilih satu jenis wavelet yang cocok(*match*) dengan nilai PSNR terbaik.
4. Kualitas audio terbaik dari pengujian kompresi yaitu audio jenny.wav dengan nilai PSNR tertinggi yaitu 75.8108 db dan nilai MSE terendah 0.04130 db.
5. Peningkatan kualitas audio tertinggi dari pengujian filter audio yaitu audio Steam Train.wav dengan nilai PSNR akhir 48.4772 db.
6. Filter butterworth masih belum cukup bagus untuk semua audio WAV karena terdapat satu audio yang memiliki nilai PNSR yang lebih rendah setelah difilter yaitu audio Alesis-SanctuaryQCard-Crickets.wav
7. Nilai rata-rata kenaikan nilai PSNR seluruh audio setelah difilter yaitu sebesar 21.06395 db dan rata-rata penurunan nilai MSE seluruh audio setelah difilter yaitu sebesar 1.153302 db.

#### 5.2 Saran

Adapun saran yang perlu di pertimbangkan oleh peneliti selanjutnya yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode filter yang lebih baik dari Filter Butterworth untuk menghasilkan kualitas audio yang lebih baik





2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan format-format audio lain
3. Fitur dalam *Graphical User System*(GUI) Kompresi dan Filter dapat dirancang lebih baik lagi.

#### 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 mass
  - 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

- [1] David Salomon: The Complete Reference, *Data Compression*, 3rd ed. New York, Amerika Serikat: Springer.
- [2] Raisah Hayati and Rahmadi Kurnia, "SIMULASI UNJUK KERJA *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* (DWT) SIMULASI UNJUK KERJA *DISCRETE WAVELET TRANSFORM* (DWT) SINYAL RADAR DI DAERAH YANG BER-NOISE TINGGI," vol. III, no. 1, Maret 2014.
- [3] Swapnil T. Dumbre, "Audio Compression Using Wavelet Transform," *IJIERT*.
- [4] Aditya Mahmud Fuza, Cepy Slamet, and Dian Nursantika, "Analisis Kinerja Kompresi Citra Digital dengan Komparasi DWT, DCT dan Hybrid (DWT-DCT),"
- [5] Suma'inna and Gugun Gumillar, "IMPLEMENTASI TRANSFORMASI WAVELET DAUBECHIES PADA KOMPRESI CITRA DIGITAL," *CAUCHY - ISSN*, vol. II, Mei 2013.
- [6] Anugrayani Bustamin, "Perbandingan Kinerja Filter Butterworth Berdasarkan Spesifikasi Frekuensi untuk Pengolahan Sinyal Suara," *Techno.COM*, vol. 18, no. 4, pp. 332-339, November 2019.
- [7] Ali Osman Mohammed Salih, "Audio Noise Reduction Using Low Pass Filters," *Open Access Library*, vol. IV, 2017.
- [8] Prajoy Podder, Mehedi Hasan, and Rafiqul Islam, "Design and Implementation of Butterworth, Chebyshev-I and Elliptic Filter for Speech Signal Analysis".
- [9] Nurasyiah, "PERANCANGAN APLIKASI KOMPRESI FILE AUDIO DENGAN ALGORITMA ARITMETIC CODING," *Pelita Informatika Budi Darma*, vol. IV, no. 3, Agustus 2013.
- [10] Luthfi Firmansah, "Kompresi Data Audio Lossless format FLAC menjadi Audio Lossy format MP3 dengan Algoritma Huffman Shift Coding," *e-Proceeding of Engineering*, vol. II, no. 3, Desember 2015.
- [11] Yahya Fathoni Amri, "Analisis Kinerja Kompresi File Audio Menggunakan Algoritma Arithmetic Coding dengan Metode Bilangan Integer," Universitas Sebelas Maret, Skripsi

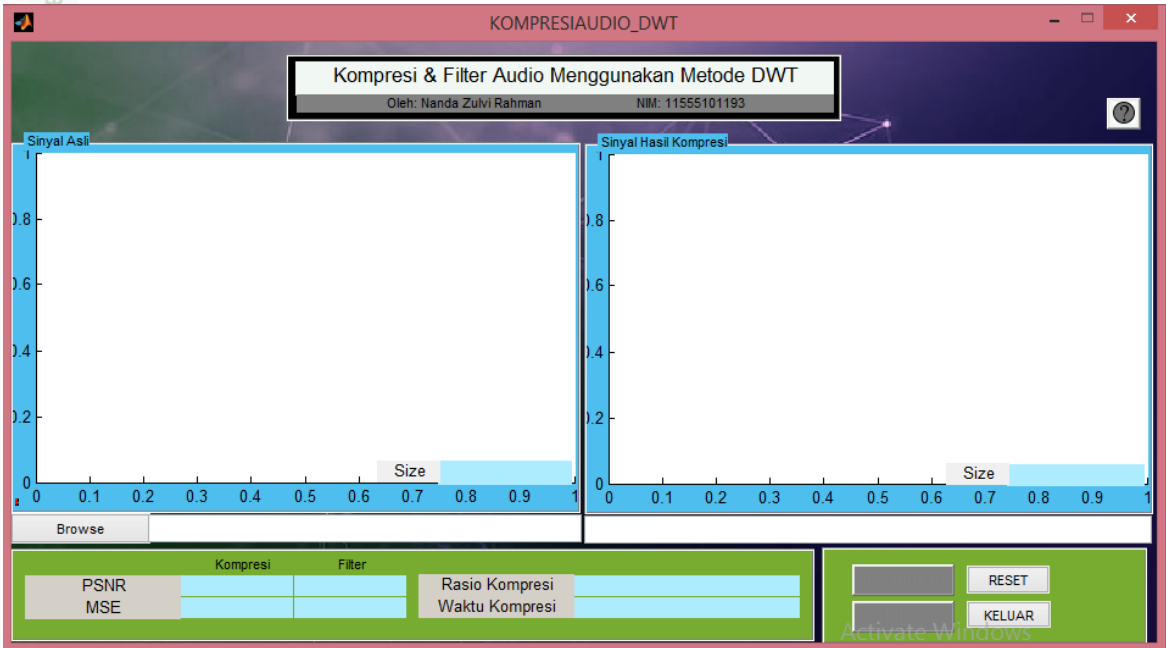


- [12] Christa E. Bire and Bambang Cahyono, "Denoising Pada Citra Menggunakan Transformasi Wavelet".
- [13] 19\_appendix-4.pdf. [Online].  
[http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/92178/19/19\\_appendix-iv.pdf](http://shodhganga.inflibnet.ac.in/bitstream/10603/92178/19/19_appendix-iv.pdf)
- [14] (2018, Agustus) Wikipedia Ensiklopedia Bebas. [Online].  
<https://id.wikipedia.org/wiki/Wavelet>
- [15] MathWorks - Introduction to Wavelet Families. [Online].  
<https://www.mathworks.com/help/wavelet/gs/introduction-to-the-wavelet-families.html>
- [16] Immanuel Silalahi and Riko Arlando Saragih, "Aanalisa Multiwavelet untuk Kompresi Suara," *Electrical Engineering Journal*, vol. I, no. 1, pp. 1-11, 2010.
- [17] Yeffry Handoko Putra, John Adler, and Gugun Gunawan, "Aplikasi Filter Impulse Response(FIR) Untuk Menghilangkan Noise Pada Suara Manusia Menggunakan Graphical User Interface(GUI) Pemrograman Matlab".
- [18] MathWorks - FilterDesign. [Online]. <https://www.mathworks.com/help/signal/ug/iir-filter-design.html>
- [19] MathWorks. [Online]. <https://www.mathworks.com/help/signal/ref/butter.html#bucse3u-4>
- [20] Whydia Nanda Sari, "Kompresi File Audio Menggunakan Algoritma Huffman," SKRIPSI.

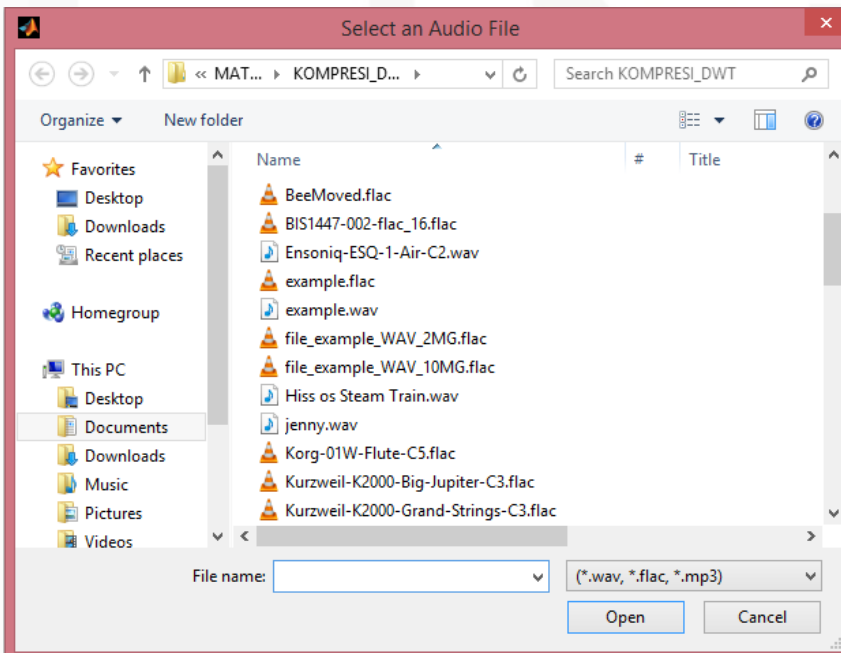
# LAMPIRAN A

## APLIKASI SISTEM

### 1. Tampilan Awal



### 2. Pilih File Audio



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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

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

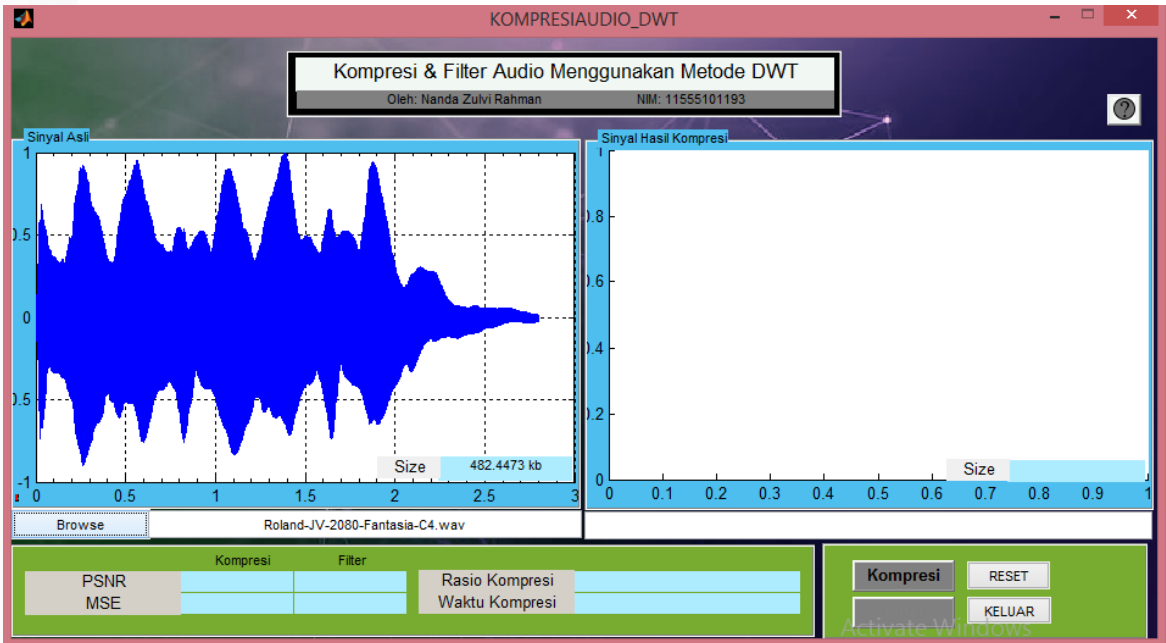
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



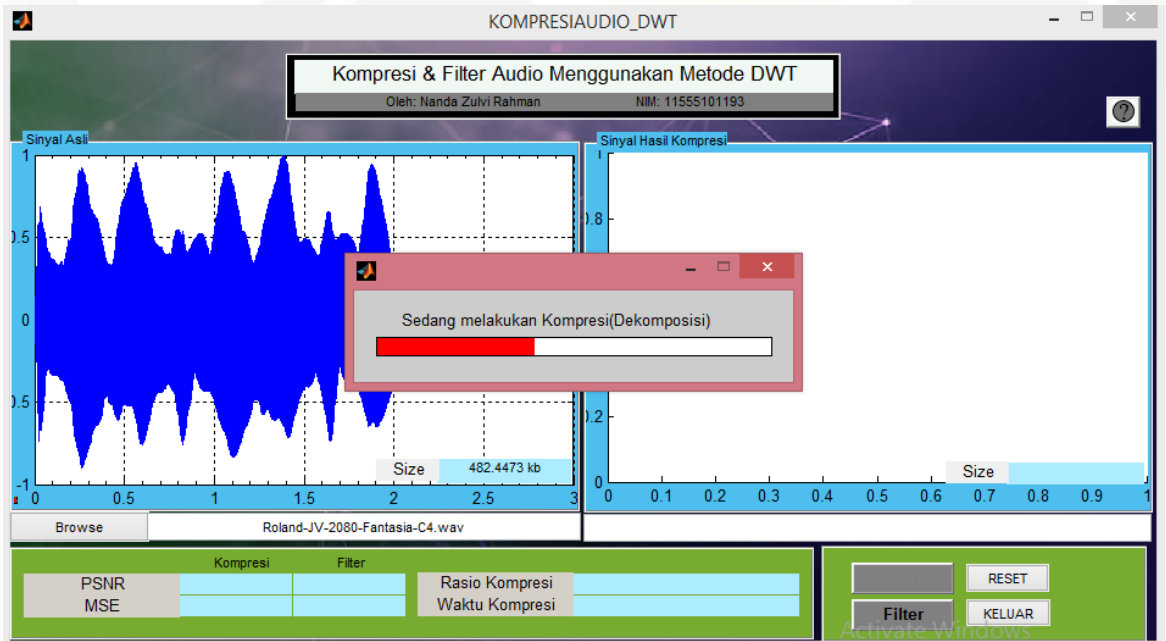
### 3. Sinyal Audio Input

#### 3. 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 mass
  - 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.

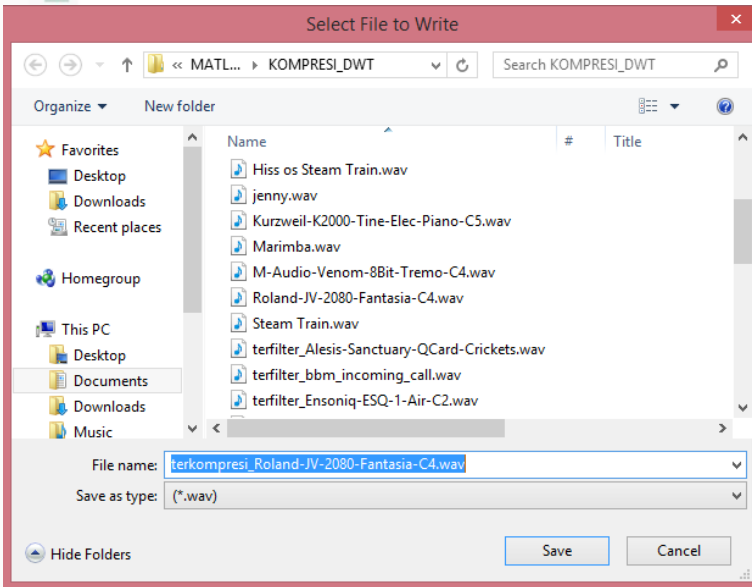


### 4. Proses Kompresi

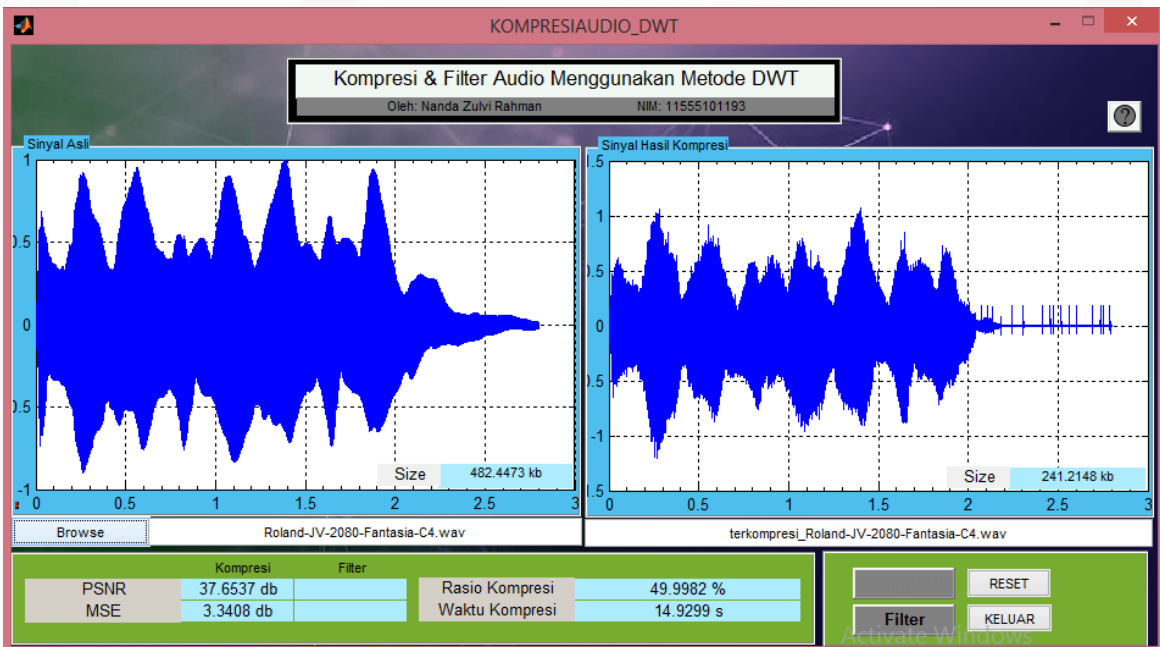


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

## 5. Menyimpan Audio Hasil Kompresi

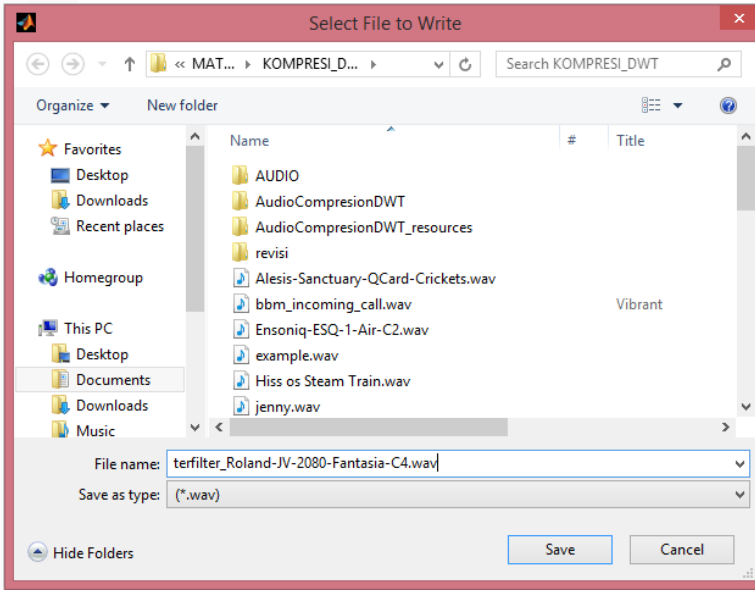


## 6. Sinyal Audio Hasil Kompresi



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.

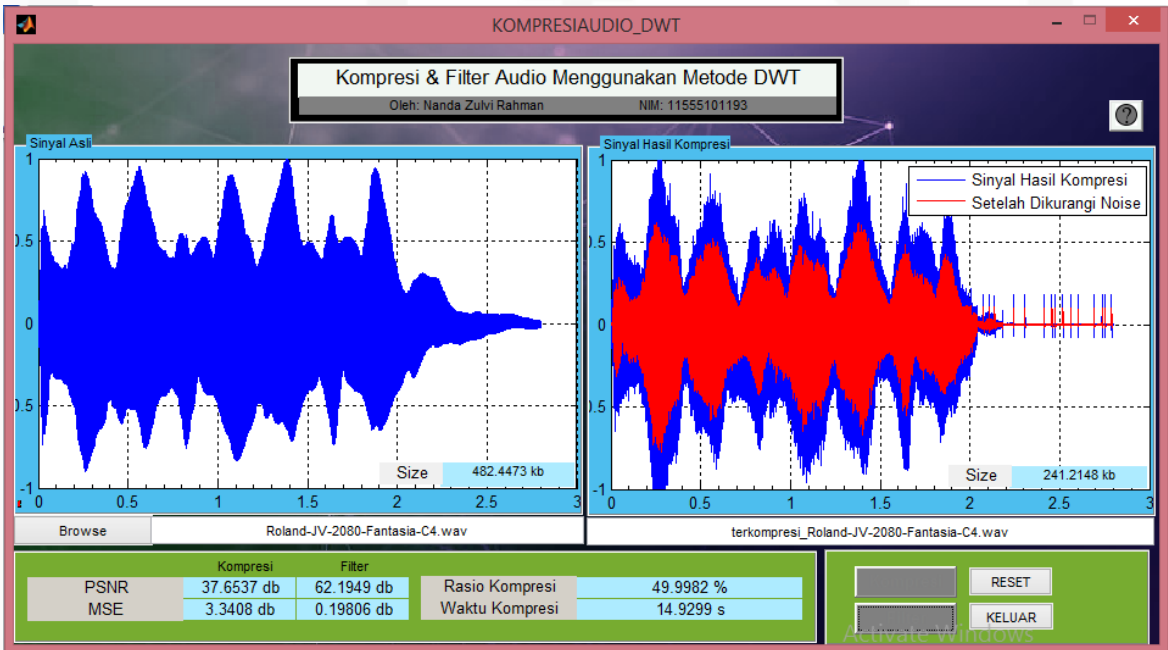
## 7. Menyimpan Audio Hasil Filter



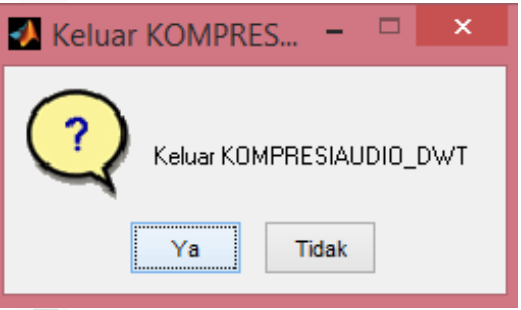
### Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

## 8. Sinyal Audio Hasil Filter



## 9. Menu Keluar Sistem



### 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.

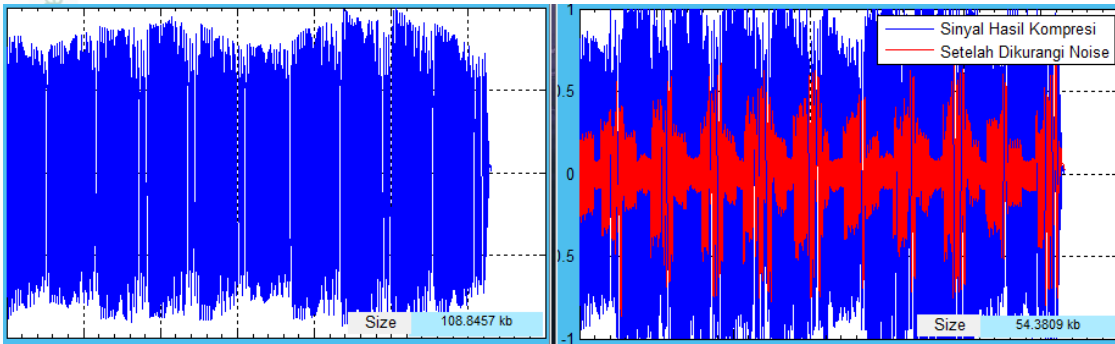




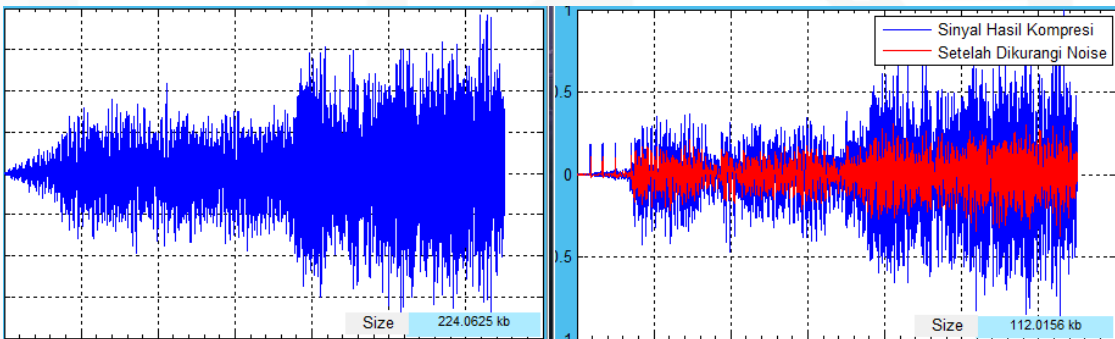
## LAMPIRAN B

### SINYAL AUDIO

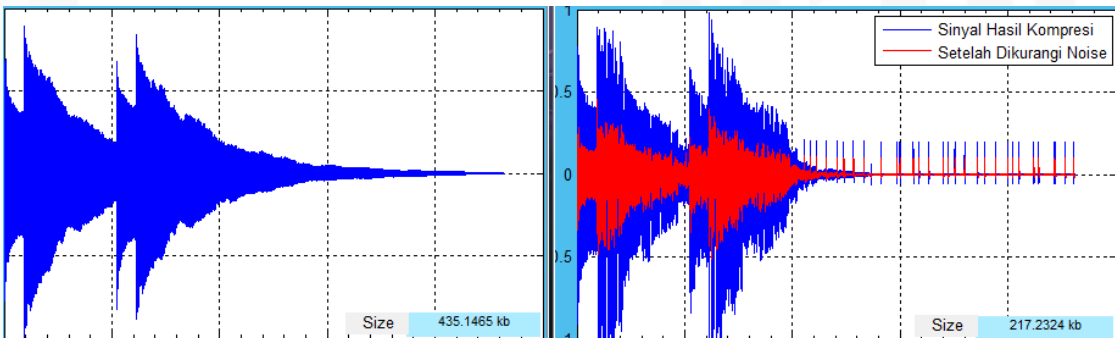
1. Sinyal asli audio M-Audio-Venom-8Bit-Tremo-C4.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



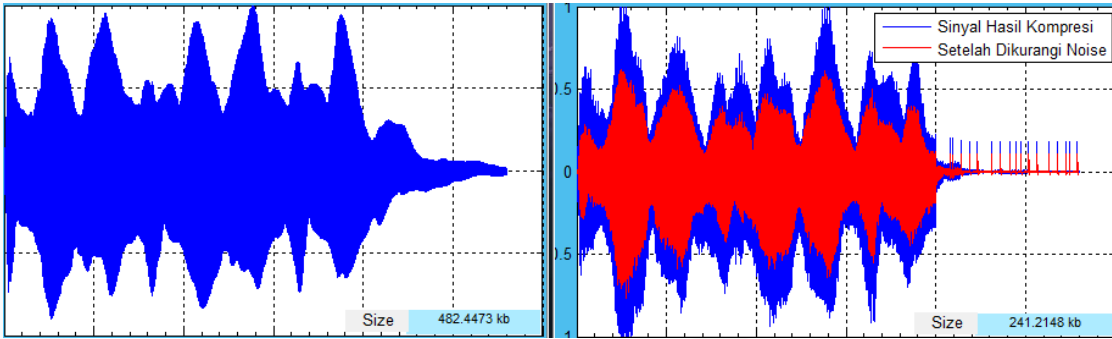
2. Sinyal asli audio Steam Train.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



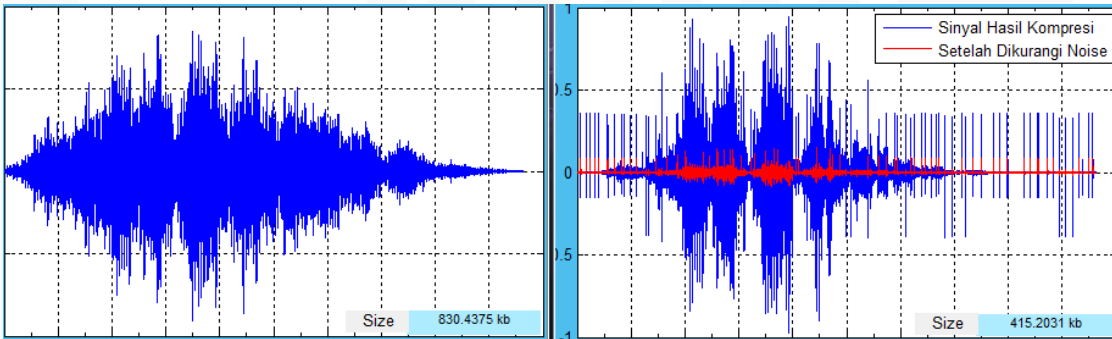
3. Sinyal asli audio bbm\_incoming\_call.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



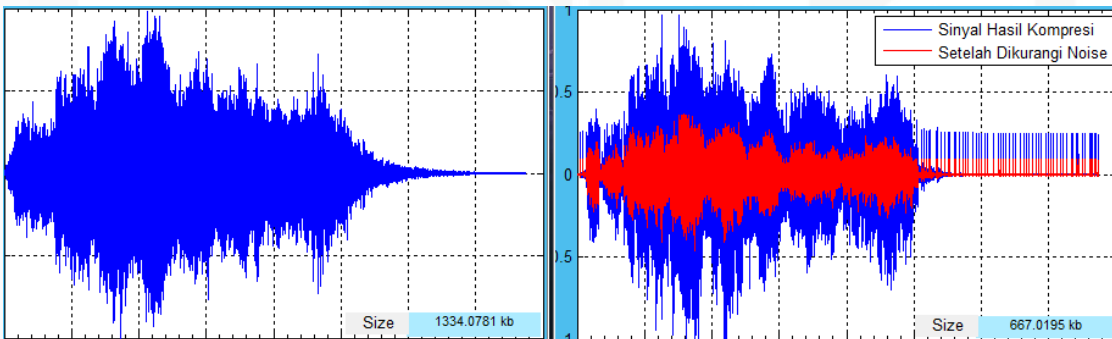
4. Sinyal asli audio Roland-JV-2080-Fantasia-C4.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



5. Sinyal asli audio Alesis-SanctuaryQCard-Crickets.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter

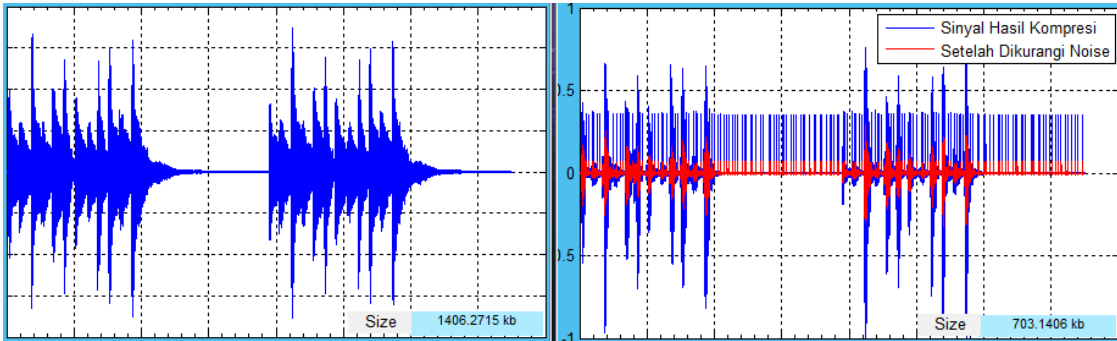


6. Sinyal asli audio Hiss os Steam Train2.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter

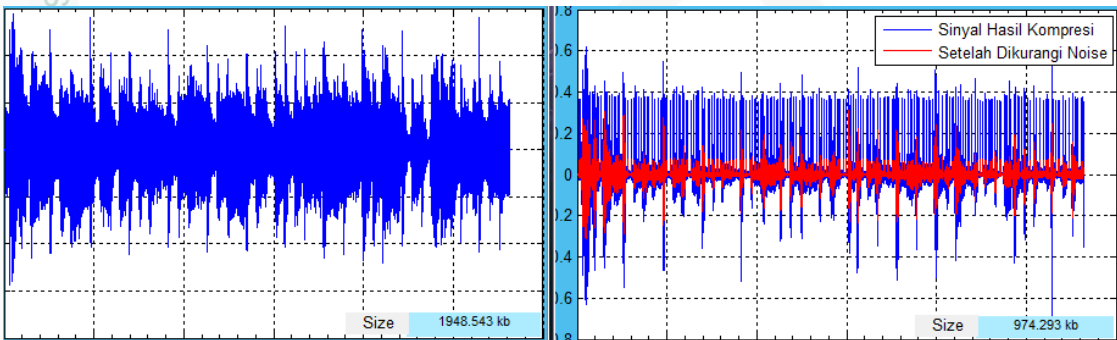


- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu mass
    - b. 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.

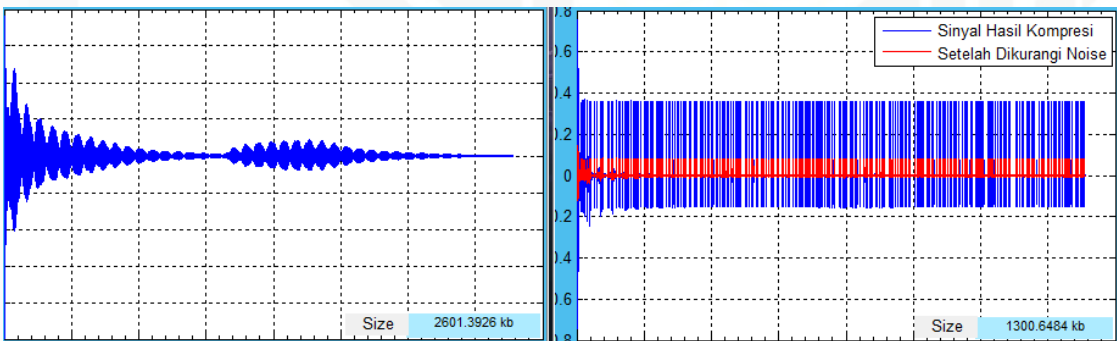
7. Sinyal asli audio Marimba.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



8. Sinyal asli audio Jenny.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



9. Sinyal asli audio Kurzweil-K2000-Tine-Elec-Piano-C5.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



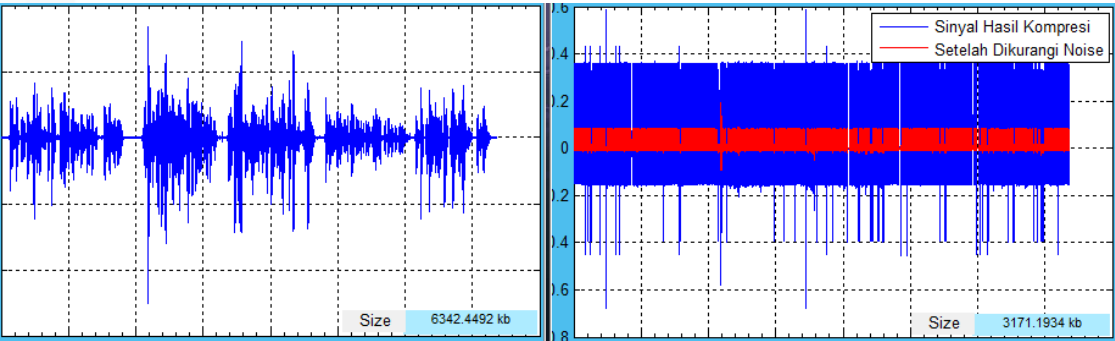
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

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.

10. Sinyal asli audio example.wav, setelah dikompresi dan setelah difilter



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 mass
  - 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.





HP : 089513690618

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

**Nanda Zulvi Rahman**, lahir di Bangkinang Kota pada tanggal 24 Februari 1997. Merupakan anak pertama dari 4 bersaudara pasangan Zulkifli dan Novita yang beralamat di Jl. Letnan Boyak, Kelurahan Langgini, Kecamatan Bangkinang Kota, Kabupaten Kampar, Riau.

*Email* : [nanda.z.rahman@gmail.com](mailto:nanda.z.rahman@gmail.com)

Pengalaman pendidikan yang dilalui dimulai pada SDN 002 Langgini 2003-2009 Bangkinang Kota, selanjutnya melanjutkan ke Madrasah Tsanawiyah di Pondok Pesantren Daarun Nahdah Bangkinang pada tahun 2009-2012, setelah menyelesaikan pendidikan di Madrasah Aliyah di Pesantren yang sama pada tahun 2012-2015 dan kemudian melanjutkan pendidikannya di salah satu Perguruan Tinggi Negeri Program Studi Teknik Elektro konsentrasi Komputer Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA RIAU pada tahun 2015. Dalam masa Studi di kampus UIN SUSKA RIAU penulis menyelesaikan pendidikan pada tahun 2020 dengan penelitian tugas akhir yang berjudul “**Meningkatkan Kualitas Audio Kompresi *Discrete wavelet transform*(DWT) Dengan Filter Butterworth Menggunakan Matlab**”