

***DENOISING SINYAL ULTRASONIK BERDASARKAN LEVEL
DEKOMPOSISI WAVELET HAAR***

(Skripsi)

Oleh

GRIENDA ELAN EGATAMA MURNI



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

DENOISING SINYAL ULTRASONIK BERDASARKAN LEVEL DEKOMPOSISI WAVELET HAAR

Oleh

GRIENDA ELAN EGATAMA MURNI

Pada era teknologi, dalam pengiriman ataupun perekaman sinyal tidak terlepas dengan munculnya noise. Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan derau (noise) pada sinyal ultrasonik hasil rekaman suara lumba-lumba, serta untuk mengetahui level dekomposisi dan jenis thresholding terbaik pada wavelet dengan pembuktian nilai SNR (Signal to Noise Ratio). Jenis wavelet yang digunakan dalam penelitian yaitu wavelet jenis Haar. Salah satu kegunaan dari wavelet yaitu dapat digunakan untuk reduksi noise pada sinyal suara non stasioner.

Reduksi noise pada sinyal suara menggunakan wavelet yaitu melakukan pemilteran dengan operasi sub-sampling yang melewati sinyal melalui filter low pass filter dan high pass filter yang disebut level dekomposisi sehingga didapat koefisien wavelet, kemudian melakukan thresholding (melewatkan pada ambang tertentu) terhadap koefisien wavelet tersebut sehingga noise dapat dikurangi. Thresholding yang digunakan yaitu hard thresholding dan soft thresholding.

Hasil penelitian diperoleh nilai SNR (Signal to Noise Ratio) terbaik terdapat pada level dekomposisi 5 dengan nilai rata-rata pada soft thresholding sebesar 46,5548 dB, pada hard thresholding sebesar 46,5572 dB. Sementara untuk jenis thresholding terbaik tergantung pada data input yang dimiliki, dari 30 data input terdapat 15 data menunjukkan soft thresholding terbaik dan terdapat 15 data menunjukkan hard thresholding yang terbaik.

Kata kunci : Noise, Sinyal Ultrasonik, Wavelet, Level Dekomposisi, Thresholding, SNR (Signal to Noise Ratio).

ABSTRACT

ULTRASONIC SIGNAL DENOISING BASED ON WAVELET HAAR DECOMPOSITION LEVEL

By

GRIENDA ELAN EGATAMA MURNI

In this age of technologies, existence of noise in transmitting data is inevitable. This research is intended to reduce or even completely eradicate the noise especially in ultrasonic signal out of dolphins's voice and in order to examine the decomposition level and determine the best thresholding in wavelet with proving SNR (Signal to Noise Ratio). This research uses the Haar wavelet. The wavelet it self can be used in reducing noise in a-non-static soundwave.

Noise reduction in this wavelet is using a filtering method which uses sub sampling operation that passes the signal through low and high pass filter called decomposition so we had get the wavelet coefficient, and then carried on by doing the thresholding towards that coefficient so the noise would be reduced. The thresholding used were hard and soft thresholding.

This research concluded that the best SNR in within the fifth level decomposition with 46,5548 dB of soft thresholding and 46,5572 dB of hard thresholding. While the best kind of thresholding depends on the input. Out of 30 inputs, there are 15 datas that show best soft thresholding and 15 that show best hard thresholding.

Key words: Noise, Ultrasonic Signal, Wavelet, Level Decomposition, Thresholding, SNR (Signal to Noise Ratio).

***DENOISING SINYAL ULTRASONIK BERDASARKAN LEVEL
DEKOMPOSISI WAVELET HAAR***

Oleh

Grienda Elan Egatama Murni

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

: **DENOISING SINYAL ULTRASONIK
BERDASARKAN LEVEL DEKOMPOSISI
WAVELET HAAR**

Nama Mahasiswa

: **Grienda Elan Egatama Murni**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115031040

Jurusan

: Teknik Elektro

Fakultas

: Teknik

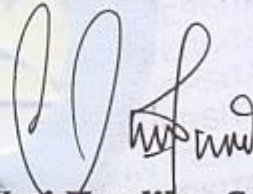
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Herlinawati, S.T., M.T.

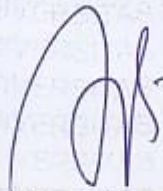
NIP 19710314 199903 2 001



Umi-Murdika, S.T., M.T.

NIP 19720206 200501 2 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.

NIP 19731128 199903 1 005

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

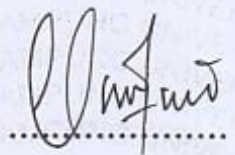
Ketua

: **Herlinawati, S.T., M.T.**



Sekretaris

: **Umi Murdika, S.T., M.T.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Juli 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Juli 2016



Grienda Elan Egatama Murni
NPM. 1115031040

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 05 Mei 1993, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, dari Bapak Eli Murni Elias dan Ibu Yuniar. Penulis memiliki dua orang kakak bernama Imas Vita Mulisa Murni dan Ariza Gita Melisa Murni, serta seorang adik bernama Nabil El Farras Murni.

Penulis memulai pendidikan formal di Sekolah Dasar (SD) Al-Azhar I Bandar Lampung pada tahun 1999–2005, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 23 Bandar Lampung pada tahun 2005–2008, lalu melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 2 Bandar Lampung pada tahun 2008–2011.

Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung dan aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (HIMATRO) Unila. Pada tahun 2014 Penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di Divisi Teknikal PT. Indosat Tbk cabang Lampung, Jl Soekarno Hatta, No 97, Bandar Lampung.

***DENGAN BANGGA KUPERSEMBAHKAN
KARYA SEDERHANA INI UNTUK :***

Papa dan Mama tersayang ,

Eli Murni Elias dan Yuniar

Serta

Kakak dan Adikku tersayang ,

Pujian, Tici, dan Nabil

*yang telah menjadi motivasi, inspirasi dan tiada
hentinya memberikan dukungan serta do'anya untuk
kebaikan ku..*

Motto

DO THE BEST AND PRAY, GOD WILL TAKE CARE OF
THE REST.

“LAKUKAN YANG TERBAIK, KEMUDIAN BERDOALAH.
ALLAH SWT YANG AKAN MENGURUS SISANYA”

EVERYTHING WILL BE OKAY IN THE END, IF ITS NOT
OKAY, ITS NOT THE END.

“SEMUA AKAN BAIK-BAIK SAJA PADA AKHIRNYA,
JIKA TIDAK BERJALAN BAIK, MAKA INI BUKAN
AKHIR”

“KEBAHAGIAAN TIDAK AKAN HABIS HANYA
KARENA MEMBAGINYA. KETAHUILAH,
KEBAHAGIAAN BERTAMBAH KETIKA KAMU
BERSEDIA UNTUK BERBAGI.”

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim...

Dengan mengucapkan *Alhamdulillah* penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kelancaran, kekuatan serta kemudahan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian penulisan Tugas Akhir ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Shalawat serta salam tak lupa penulis sampaikan kepada Rasulullah SAW karena dengan perantarnya kita semua dapat merasakan nikmatnya kehidupan.

Laporan Tugas Akhir ini berjudul “*Denoising Sinyal Ultrasonik Berdasarkan Level Dekomposisi Wavelet Haar*” ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran serta dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Suharno, M.S, M.Sc, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Bapak Herman Halomoan, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.

4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Pertama, yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan, bimbingan, saran serta kritikan yang bersifat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Kedua, yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan, bimbingan, saran serta kritikan yang bersifat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Dr. Ir. Sri Ratna Sulistiyanti, M.T. selaku Penguji Utama, yang telah memberikan masukan, saran serta kritikan yang bersifat membangun dalam Tugas Akhir ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, atas pengajaran dan bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
8. Mbak Ning, Mas Daryono dan seluruh jajarannya atas semua bantuannya dalam menyelesaikan urusan administrasi di Jurusan Teknik Elektro.
9. Kedua orang tua Papa dan Mama. Serta kakak dan adik Pujian, Cici, dan Nabil yang sangat penulis cintai dan sayangi yang telah memberikan do'a, dorongan moril, cinta, kasih sayang dan semangat serta pengorbanannya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Cipta Ajeng Pratiwi yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa sampai penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Saudara-saudari perjuangan Elektro 2011 atas kebersamaan, kekeluargaan dan dukungan yang sangat besar terhadap penulis.

12. Yona, Reinaldy, Citra, Dian, Roy, kak Cipo, Herwanda, Rasyid, Yazir, Habib, Deny, Richad, Dirya, Sigit, Nur, Bella dan lain-lain atas bantuannya secara langsung ataupun tidak.
13. Partner Tugas Akhir Reza Naufal yang saling memberi semangat selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya tugas akhir ini.
15. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang penulis dapatkan semasa kuliah.

Penulis meminta maaf atas segala kesalahan dan ketidaksempurnaan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kebaikan dan kemajuan di masa mendatang. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Bandar Lampung, 26 Juli 2016
Penulis,

Grienda Elan Egatama Murni

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.4 Hipotesis	4
1.4 Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pendahuluan.....	6
2.2 Noise	7
2.2.1 <i>Gaussian White Noise</i>	8
2.3 Denoising.....	9
2.4 Gelombang Ultrasonik.....	10
2.5 Wavelet.....	11
2.5.1 Tipe Wavelet.....	13

2.6 Dekomposisi Wavelet.....	16
2.7 <i>Thresholding</i>	17
2.8 <i>Signal to Noise Ratio (SNR)</i>	19
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.3 Tahap Pembuatan Tugas Akhir	20
3.3.1 Studi Literatur.....	21
3.3.2 Pengolahan Data	21
3.3.3 Hasil dan Pembahasan	21
3.3.4 Diagram Alir Penelitian	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 <i>Denoising</i> Sinyal Ultrasonik	24
4.2 Penentuan <i>Level</i> Dekomposisi	27
4.2.1 <i>Denoising</i> Level 1-5 Menggunakan <i>Soft Thresholding</i>	27
4.2.2 <i>Denoising</i> Level 1-5 Menggunakan <i>Hard Thresholding</i>	32
4.3 Penentuan <i>Thresholding</i> dan SNR.....	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	45

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Tabel hasil SNR 30 data sampel menggunakan <i>Soft Thresholding</i>	38
4.2. Tabel hasil SNR 30 data sampel menggunakan <i>Hard Thresholding</i>	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Noise pada Gelombang Sinus.....	7
2.2. Spektrum Daya Gaussian Noise	8
2.3. Wavelet Daubechies	14
2.4. Transformasi Wavelet Biorthogonal	14
2.5. Transformasi <i>Wavelet</i> Haar.....	15
2.6. Algoritma Koding Subband.....	16
3.1. Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir	22
4.1. Spektrum sinyal ultrasonik	25
4.2. Tampilan proses denoising pada wavelet.....	26
4.3. Tampilan sinyal informasi dan sinyal hasil <i>denoising level 1-5 Soft Thresholding</i>	28
4.4. Tampilan sinyal informasi dan sinyal hasil <i>denoising level 1-5 Hard Thresholding</i>	33
4.5. Grafik Perbandingan <i>Level 5</i> pada <i>Soft</i> dan <i>Hard Thresholding</i>	42

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam proses pengiriman sinyal informasi ke penerima akan melewati suatu media transmisi. Pada proses pengiriman ini maka akan muncul derau atau *noise* yang mengakibatkan sinyal informasi yang diterima mengalami gangguan dan bercampur dengan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan yang dapat mengganggu keaslian informasi.

Salah satu contohnya misalkan ketika kita sedang berbicara dengan seorang teman melalui pesawat telepon maka ada kalanya suara yang kita dengar tidak sejelas atau sejernih ketika kita berbicara secara langsung. Salah satu penyebabnya adalah terdapat *noise* dalam suara percakapan melalui pesawat telepon tersebut. *Noise* tersebut dapat berasal dari gangguan waktu pengiriman sinyal suara yang melalui udara atau bisa juga dikarenakan perangkat-perangkat didalam proses pengiriman suara yang sudah tidak berfungsi secara normal dikarenakan usia ataupun *maintenance* yang kurang baik.

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk membantu menghilangkan *noise* yang ada pada sinyal suara. Salah satunya dengan bantuan *tools* dari *matlab* yaitu *wavelet*. *Wavelet* sendiri ditemukan untuk pertama kali sekitar tahun 1980, dimana transformasi *wavelet* ini digunakan sebagai alternatif pengganti

Short Time Fourier Transform untuk menganalisa sinyal. *Wavelet* adalah sebuah fungsi matematik yang membagi-bagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda, selanjutnya dilakukan analisis untuk masing-masing komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya^[1]. Metode transformasi *wavelet* juga merupakan sarana yang dapat digunakan untuk menganalisis sinyal *non-stasioner*, yaitu sinyal yang didalamnya terdapat frekuensi yang bervariasi terhadap waktu. Metode ini menjadi banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir. Analisis pada *wavelet* dapat digunakan untuk menunjukkan kelakuan sementara pada suatu sinyal, dan dapat juga digunakan untuk mem-*filter* atau menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan dan atau meningkatkan kualitas dari sebuah data.

Dilatar belakang fenomena seperti yang disebutkan diatas, maka pada penelitian ini akan dibahas tentang cara *denoising* atau mereduksi data yang berupa sinyal suara ultrasonik dari lumba-lumba berdasarkan rekaman *hydrophone*. Penelitian menggunakan bantuan metode *wavelet* yang merupakan salah satu *tools* yang terdapat pada *software matlab*. Jenis *wavelet* yang digunakan adalah jenis *wavelet haar*, sehingga nantinya diharapkan pada penelitian ini didapat suatu sinyal suara hasil reduksi dengan kualitas yang terbaik serta sinyal suara yang paling jernih.

1.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Memfilter *noise* yang terdapat pada data hasil rekaman suara lumba-lumba menggunakan *software matlab* dengan bantuan metoda *wavelet*.

2. Menentukan *level dekomposisi* dan *thresholding* yang paling baik dengan cara membandingkan nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*).

1.2 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain adalah:

1. Dengan menggunakan metode *wavelet* dapat membantu mendapatkan hasil sinyal suara terbaik.
2. Dengan menggunakan metode *wavelet* dapat memperlihatkan sebaran frekuensi sinyal suara yang dapat ditampilkan dalam bentuk gambar.

1.3 Rumusan Masalah

Munculnya *noise* merupakan fenomena yang sering terjadi, oleh karena itu pada tugas akhir ini dapat dijadikan sebagai pembelajaran dalam proses mengurangi *noise* pada sinyal suara untuk mendapatkan kualitas sinyal suara yang terbaik dengan menggunakan bantuan sebuah metode *wavelet*, yang dapat digunakan untuk mem-*filter* atau menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan sehingga meningkatkan kualitas dari sebuah data.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat pembatasan masalah yang akan dibahas, yaitu:

1. Hanya membahas *wavelet* jenis Haar.
2. Tidak membahas secara detail rumus dan perhitungan pada teori pembentuk *wavelet*.

1.5 Hipotesis

Dengan merekonstruksi sinyal berbentuk suara yang sudah melalui proses pemotongan dan filter pada *software matlab* 2011 dengan bantuan metoda *wavelet*, diharapkan didapat kualitas sinyal yang paling baik. Sehingga nantinya diharapkan dapat diimplementasikan sebagai acuan penelitian dalam menganalisa sinyal suara dan dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses menghilangkan noise pada sinyal suara.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang terori-teori yang mendukung tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisikan tentang penelitian yang dilakukan diantaranya waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, langkah-langkah pengerjaan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang proses memfilter data dan berisi data hasil pengujian yang didapatkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat tentang kesimpulan dan saran tentang penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

II. TINJAUAN PUSTAKA

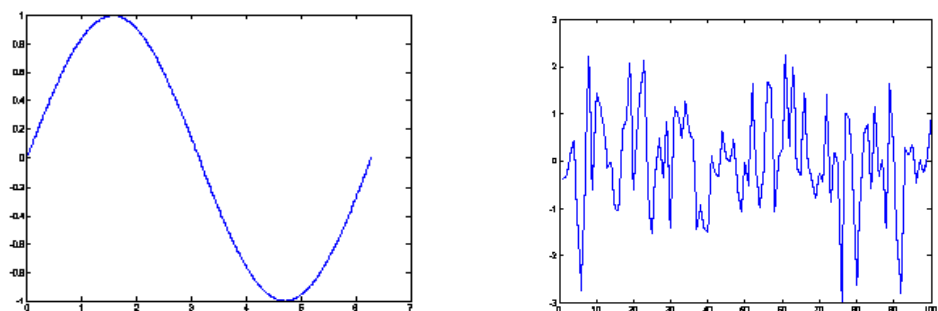
2.1 Pendahuluan

Munculnya *noise* merupakan hal yang biasa terjadi, sehingga mengakibatkan sinyal informasi yang kita terima mengalami gangguan dan bercampur dengan sinyal yang tidak diinginkan sehingga keaslian sinyal informasi terganggu. Dengan kata lain *noise* merupakan suatu sinyal pengganggu atau merusak sinyal, sehingga perlu dilakukan *denoising* atau penghilangan *noise* agar sinyal informasi akan terpisah dari *noise*. Contoh data atau informasi yang rentan terkena *noise* yaitu gelombang bunyi, hal ini bisa terjadi karena banyak faktor, salah satunya yang disebabkan adanya gangguan pada saat melewati media transmisi. Banyak cara yang dapat dipakai untuk dapat menghilangkan masalah *noise* tersebut, salah satunya dengan menggunakan *software* matlab dan menggunakan bantuan *tools* bernama *wavelet*. Pada metode *wavelet level* dekomposisi dan jenis *thresholding* diatur sehingga menghasilkan sinyal yang lebih baik. Untuk melihat kinerja dari masing-masing *level* dekomposisi dan penerapan jenis *threshold*, digunakan penghitungan nilai SNR (*Single to Noise Ratio*). Terdapat dua penelitian sebelumnya mengenai denoising sinyal menggunakan *wavelet* dengan hasil sebagai berikut:

Penelitian pertama mengenai pengurangan kebisingan pada sinyal audio, dengan kesimpulan bahwa *thresholding* mode *soft* lebih baik dibanding *thresholding* mode *hard*, serta semakin tinggi *level* dekomposisinya menghasilkan SNR yang semakin besar ^[2]. Dalam penelitian lainnya mengenai perancangan filter untuk mereduksi *noise* pada sinyal EKG menggunakan transformasi *wavelet* diskrit, dengan kesimpulan bahwa *thresholding* mode *hard* lebih baik dibanding *thresholding* mode *soft* ^[3].

2.2. Noise

Noise adalah sinyal pengganggu yang dapat menyebabkan suatu sinyal rusak atau terganggu ^[4]. Noise merupakan sinyal yang tidak dikehendaki yang terdapat pada semua jenis sistem. Banyaknya noise tidak bisa ditentukan secara pasti, hanya bisa dirumuskan probabilitas atau kisaran nilai (*range*) nya saja. Gangguan yang disebabkan oleh noise dapat mengubah suatu sinyal informasi, yang menyebabkan gelombang sinus memiliki sinyal derau kecil yang bergabung didalam nya. Sehingga penerima sulit membedakan sinyal informasi yang sebenarnya dari derau yang ditambahkan ^[5]. Seperti terlihat pada Gambar 2.1. berikut ini:



(a) Gelombang Sinus Asli

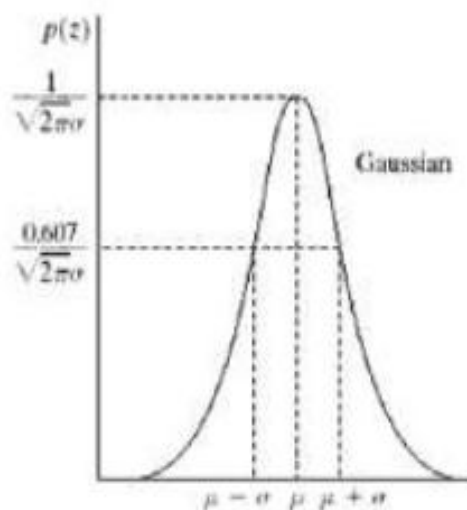
(b) Gelombang Sinus karena Pengaruh Noise

Gambar 2.1. Noise pada Gelombang Sinus

2.2.1 Gaussian White Noise

Ada banyak jenis *noise* yang terdapat pada dunia teknologi, salah satunya yaitu *white noise*. Jenis noise ini adalah noise dasar yang terdapat pada perekaman karena adanya kontak listrik digital pada *hardware* serta koneksi alat yang kurang baik ^[6].

White noise (derau putih) adalah suatu noise dengan kerapatan spektral daya yang merata di seluruh komponen frekuensinya. Dikatakan *white noise* karena berpedoman pada kenyataan bahwa sebenarnya cahaya putih merupakan kumpulan berbagai warna yang dapat diuraikan secara merata melalui suatu spektrum. Demikian halnya dengan *white noise* yang juga terdiri dari berbagai sumber derau, dan lebar daerah energi elektron serta molekul-molekul yang merupakan pembangkit derau tersebut. *White noise* adalah jenis gangguan acak yang statis. Sebuah sinyal jika memiliki spektrum datar pada pita frekuensi maka sinyal tersebut dianggap sebagai “*white noise*”. Pita spektrum frekuensi datar memiliki arti yaitu nilai intensitas (db) pada setiap frekuensi relatif konstan ^[7].



Gambar 2.2. Spektrum Daya Gaussian Noise

2.3 Denoising

Transformasi Wavelet untuk mengurangi *noise* (*denoising*) mengasumsikan bahwa analisis *time series* pada resolusi yang berbeda dapat memisahkan antara bentuk sinyal asli (pola data sebenarnya) dengan *noise*-nya^[8]. Proses ini merupakan bagian utama dari proses perancangan reduksi noise yang ada pada program matlab. Disini terjadi proses reduksi noise sinyal suara, dimana inti proses reduksi noise tersebut ialah *threshold* yang memiliki arti melewati koefisien tersebut ke suatu ambang batas yang telah ditentukan, sehingga koefisien yang tidak sesuai ambang tersebut tidak terpakai, sehingga sinyal suara yang terdapat noise akan berkurang dari sebelumnya^[4]. Selain terjadi proses reduksi noise juga terjadi transformasi wavelet balik yang mengakibatkan sinyal dapat dibaca sebagai sinyal suara.

Prosedur *denoising* yang umum melibatkan 3 langkah. Versi dasar dari prosedur tersebut mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Dekomposisi (penguraian)

Memilih sebuah wavelet, pilih sebuah level N (2-10) dan menghitung penguraian wavelet dari sinyal itu pada level N .

2. Koefisien detail ambang (*threshold detail coefficients*)

Untuk setiap level dari 1 sampai N , memilih sebuah ambang dan terapkan ambang lunak atau *soft thresholding* (ataupun *hard thresholding*) pada koefisien detail tersebut (untuk mendapatkan peniadaan derau terbaik)^[9].

3. Rekonstruksi

Inversikan transformasi wavelet dari koefisien wavelet yang di *threshold* untuk mendapatkan sinyal kurang derau atau *denoised signal*.

Lalu menghitung rekonstruksi wavelet menggunakan koefisien aproksimasi asli dari level N dan koefisien detail modifikasi level dari 1 ke N ^[9].

2.4 Gelombang Ultrasonik

Gelombang bunyi merupakan gelombang longitudinal yang dapat merambat melalui gas, zat padat, maupun cair dengan kecepatan yang tergantung pada sifat *elastic* dan sifat inersia medium rambat. Telinga manusia hanya mampu mendengar gelombang bunyi dengan frekuensi antara 20 Hz sampai dengan 20 KHz. ^[10]. Berdasarkan frekuensi, bunyi atau suara dibedakan menjadi 3 daerah frekuensi ^[11], yaitu:

1. 0 – 16 Hz (20 Hz) : Daerah Infrasonik, contoh: getaran tanah, getar bumi.
2. 16 – 20.000 Hz : Daerah Sonik, yaitu daerah yang dapat didengar oleh manusia
3. Diatas 20.000 Hz : Daerah Ultrasonik.

Pembagian frekuensi penting untuk diketahui baik dalam hal pengobatan, diagnosa serta nyeri yang ditimbulkan dan lainnya.

Pada Penelitian ini difokuskan hanya pada gelombang ultrasonik. Ultrasonik merupakan ilmu yang mempelajari gelombang dengan frekuensi tinggi, yang biasanya melebihi 20 KHz (20.000 cycle per detik). Dalam bidang

kedokteran, frekuensi ini berfungsi dalam menentukan 3 hal, yaitu: diagnosa, penghancuran atau destruktif dan pengobatan. Hal ini dikarenakan frekuensi yang tinggi memiliki daya tembus jaringan yang besar ^[11]

Ultrasonik merupakan suara dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk mampu didengar oleh telinga manusia, yaitu diatas 20 KHz. Beberapa hewan seperti lumba-lumba menggunakannya untuk berkomunikasi, sedangkan pada kelelawar gelombang ultrasonik digunakan untuk navigasi. Gelombang ultrasonik ini dapat merambat dalam medium padat, cair dan udara atau gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini dipermukaan cair hampir sama dengan permukaan padat, namun pada tekstil dan busa maka jenis gelombang ini akan diserap. Hal ini dikarenakan gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya ^[12].

2.5. Wavelet

Transformasi *wavelet* ditemukan pertama kali sekitar tahun 1980, dimana transformasi *wavelet* ini digunakan sebagai alternatif pengganti *Short Time Fourier Transform* untuk analisa sinyal. *Wavelet* merupakan “gelombang singkat” dengan energi terpusat pada saat tertentu. *Wavelet* telah digunakan dalam analisa sinyal kawasan waktu frekuensi dalam pemrosesan sinyal, aproksimasi fungsi, aproksimasi pada penyelesaian persamaan diferensial parsial dan sebagainya. Salah satu fungsi dari *wavelet* yaitu dapat digunakan untuk reduksi noise pada sinyal suara ^[4].

Wavelet merupakan suatu fungsi matematik yang membagi-bagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda, lalu dilakukan analisis untuk masing-masing komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya ^[1].

Transformasi *Wavelet* (*Wavelet Transform*, WT) merupakan salah satu metode yang digunakan sebagai pengolah sinyal nonstasioner dan cocok untuk menganalisa biosignal yang selalu mengalami perubahan. WT dapat memberikan representasi waktu dan frekuensi secara bersamaan, sehingga dapat mempresentasikan sinyal yang dimaksud.

Karakteristik umum sistem *wavelet* adalah sebagai berikut :

1. Sistem *wavelet* merupakan sekumpulan blok pembangun digunakan untuk menyusun atau merepresentasikan sinyal atau fungsi.
2. Ekspansi *wavelet* memberikan lokalisasi sinyal pada waktu dan frekuensi. Ini berarti energi sinyal dinyatakan dengan koefisien ekspansi.
3. Perhitungan koefisien sinyal dapat dilakukan dengan efisien.

Kelebihan dari analisis sinyal menggunakan *wavelet* yaitu bahwa dapat dipelajari karakteristik sinyal secara lokal dan detail, sesuai dengan skala-nya ^[13].

Wavelet juga adalah sebuah basis. Basis *wavelet* berasal dari sebuah fungsi penskalaan atau disebut juga sebuah *scaling function*. *Scaling function* memiliki sifat yang dapat disusun dari sejumlah salinan dirinya yang telah didilasikan, ditranslasikan dan diskalakan. Fungsi ini diturunkan dari

persamaan dilasi (*dilation equation*), yang dianggap sebagai dasar dari teori *wavelet*. Persamaan dilasi dinyatakan demikian :

$$\phi(x) = \sum_k c_k \phi(2x - k) \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

dari persamaan *scaling function* ini dapat dibentuk persamaan *wavelet* yang pertama (atau disebut juga *mother wavelet*), dengan bentuk sebagai berikut :

$$\phi^0(x) = \sum_k (-1)^k c_{1-k} \phi(2x - k) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

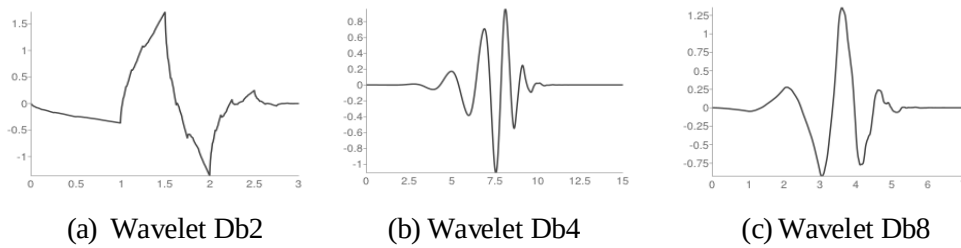
Dari *mother wavelet* ini merupakan awal sehingga kemudian dapat dibentuk *wavelet-wavelet* berikutnya (ψ^1 , ψ^2 dan seterusnya) dengan cara mendilasikan (memampatkan atau meregangkan) dan menggeser *mother wavelet*.

Scaling function yang dapat membentuk *wavelet* bermacam-macam jenisnya. Berdasarkan *scaling function* inilah basis *wavelet* memiliki nama yang berbeda-beda.

2.5.1 Tipe Wavelet

Tipe-tipe *wavelet* terdiri dari Daubechies, Biorthogonal, Coiflets, Symlets, Morlet, Mexican Hat, Meyer, Haar. Fungsi *wavelet* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Wavelet Haar*. *Wavelet Haar* dipilih karena alasan *wavelet* yang paling sederhana namun mampu mencakup semua fungsi dari tipe-tipe *wavelet* lainnya.

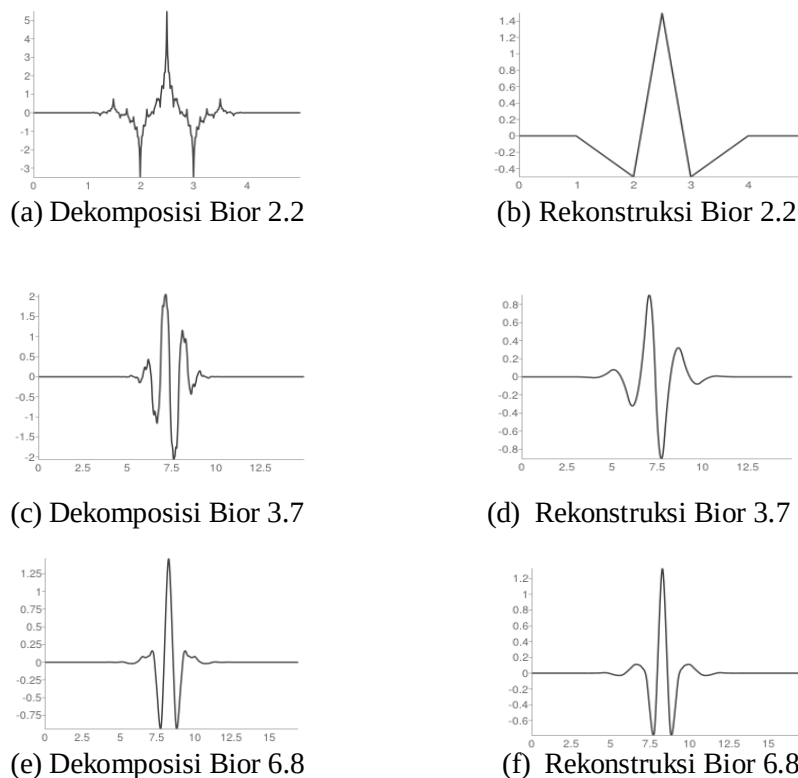
a. *Wavelet Daubechies*



Gambar 2.3 Wavelet Daubechies

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 db5 memiliki filter dengan panjang 10 ^[4].

b. Transformasi Wavelet Biorthogonal



Gambar 2.4 Transformasi Wavelet Biorthogonal

c. *Wavelet Symlets*

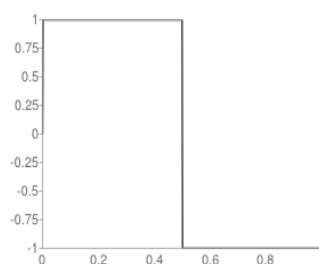
Wavelet symlets biasa disebut sym, untuk orde N dituliskan dengan symN.

Wavelet Symlets memiliki orde $N=2,\dots,45$. Panjang filter untuk *wavelet Symlet* adalah $2N$. Misal sym10 memiliki panjang filter 20.

d. *Wavelet Haar*

Wavelet Haar adalah jenis *wavelet* tertua dan sederhana yang ditemukan pada tahun 1909. *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 ^[4].

Maksud dari panjang filter *wavelet haar* sebesar 2 yaitu sinyal dibagi menjadi frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dalam proses filterisasi *highpass* filter dan *lowpass* filter yang disebut sebagai dekomposisi. Proses dekomposisi dimulai dengan melewati sinyal asal melewati *highpass* filter dan *lowpass* filter. Misalkan sinyal asal ini memiliki rentang waktu frekuensi dari 0 sampai dengan π rad/s ^[14].



Gambar 2.5 Transformasi *Wavelet Haar*

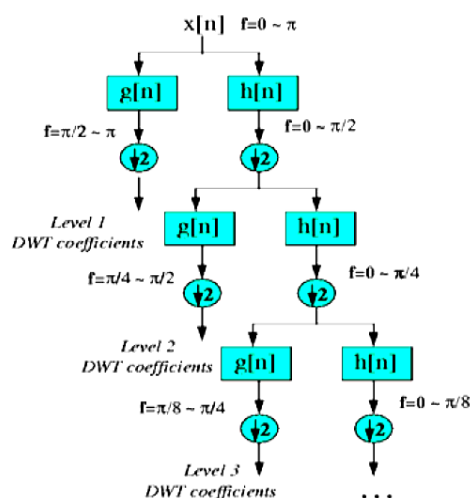
Wavelet haar memiliki beberapa keuntungan yaitu :

1. Prosesnya cepat
2. Memiliki konsep yang simple

3. Prosesnya cepat
4. Memiliki memory yang efisien, dimulai dari perthitungan langsung tanpa adanya array sementara.
5. Dapat mengulang kembali proses yang dilakukan tanpa memengaruhi efek terhadap problem lainnya.

2.6. Dekomposisi Wavelet

Dekomposisi merupakan proses dimana suatu sinyal dipisahkan menjadi dua bagian dengan cara memasukkan sinyal tersebut ke dalam sistem yang memiliki filter *high-pass* dan filter *low-pass* yang memiliki titik *cut-off* identik. Hasil dari proses tersebut yaitu berbagai sinyal yang sebenarnya adalah pecahan dari sinyal yang sama, namun sinyal satu sama lain berbeda domain frekuensinya. Gambar 2.6 di bawah mendeskripsikan prosedur ini, dimana $x[n]$ merupakan sinyal yang akan mengalami dekomposisi, $h[n]$ merupakan filter *low-pass*, $g[n]$ merupakan filter *high-pass*, dan f mewakili bandwidth dari sinyal pada tiap level ^[14].



Dua hal yang pokok harus diketahui adalah bagaimana memilih ambang (*threshold*) dan bagaimana melakukan *thresholding*.

2.7. *Thresholding*

Banyak metode diperkenalkan untuk menset batas ambang. Cara yang paling banyak memakan waktu adalah menset batas ambang dengan dasar kasus-per-kasus. Dua aturan umumnya digunakan (seperti yang telah dijelaskan di atas) untuk *thresholding* koefisien wavelet adalah *thresholding soft* dan *hard*. Bila λ menyatakan ambang atau *threshold* maka sinyal *threshold* keras adalah:

Jika $|x(t)| > \lambda$; maka $\delta\lambda H = x(t)$, jika tidak $\delta\lambda H = 0$

Dan sinyal *threshold* lunak adalah:

Jika $|x(t)| > \lambda$; maka $\delta\lambda S = \text{SGN}(x(t)(x(t) - \lambda))$, jika tidak $\delta\lambda S = 0$ (5)

Dimana SGN menyatakan fungsi tanda. Prosedur keras menciptakan ketidakkontinuan pada $x = \pm \lambda$; prosedur lunak tidak menciptakan kondisi seperti itu sebagai suatu hasil, (sehingga) disarankan menggunakan *threshold* lunak untuk pengurangan-derau (de-noising).

Dalam metode ini, kuncinya adalah langkah kedua: pilihan numeris dari *threshold* λ . Pemilihan ini bersifat kritis, jika *threshold* terlalu kecil atau terlalu besar. Dengan demikian dapat terjadi hasil pengurangan-derau yang tidak memuaskan atau distorsi yang cukup besar. Ada empat aturan seleksi yang dapat diikuti, yaitu:

- Rigsure : seleksi threshold adaptif menggunakan prinsip SURE ^[9].

- Hearsure : varian heuristik dari pilihan pertama
- Sqtwolog : *threshold* universal
- Minimaxi : *threshold* mini-maks

Dengan menggunakan aturan-aturan tersebut, derau atau noise tidak dihilangkan secara sempurna untuk hasil yang terbaik, sebaiknya *threshold* dipilih secara manual ^[9].

Terdapat dua pendekatan thresholding yang digunakan untuk proses denoising :

- *Hard Thresholding*.

Pada *Hard Thresholding* hanya koefisien – koefisien dengan nilai absolut di bawah nilai *threshold* yang terpengaruh dan koefisien tersebut diganti dengan nol sedangkan lainnya tetap. Berikut ini adalah fungsi *hard thresholding* :

$$\partial_{\lambda} H(x) = \begin{cases} X, & |x| > \lambda \\ 0, & \text{X yang lain} \end{cases} \dots\dots\dots (2.3)$$

Fungsi *Hard thresholding* lebih dikenal karena terdapat diskontinyu dalam fungsi *thresholding* sehingga nilai x yang berada diatas *threshold* λ tidak disentuh.

- *Soft Thresholding*.

Soft Thresholding merupakan pengembangan dari *Hard Thresholding*. Pada *Soft Thresholding* semua koefisien mengalami proses modifikasi. Koefisien yang memiliki nilai absolut di atas nilai *threshold* akan dikurangi nilainya sedangkan koefisien lainnya akan dibuat nol ^[15].

$$\partial_{\lambda} S(x) = \begin{cases} X - \lambda, & x > \lambda \\ 0, & x \leq \lambda \\ X + \lambda, & x < -\lambda \end{cases} \dots\dots\dots (2.4)$$

Fungsi soft thresholding kontinyu yaitu sejak nilai x berada diatas threshold λ .

2.8. *Signal To Noise Ratio (SNR)*

Signal To Noise Ratio (SNR) merupakan suatu bentuk teknik yang digunakan untuk mengetahui kualitas karakter dari suatu sinyal pada suatu pengukuran sistem. SNR yang diukur adalah SNR sinyal sesudah rekonstruksi. Semakin besar nilai SNR, semakin baik kualitas sinyal yang dihasilkan. SNR dihitung dalam satuan decibels (dB). SNR dicari dengan cara :

$$SNR = 10 \text{ Log } \frac{(P_x)}{(P_e)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- P_x adalah daya sinyal asli;
- P_e adalah daya *signal noise* ^[16].

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro Universitas Lampung. Penelitian ini dimulai pada bulan Januari 2016 sampai dengan bulan Juni 2016.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Hardware (Personal Computer/Laptop)*

Jenis *hardware* yang digunakan sebagai perangkat keras pendukung penelitian ini adalah laptop ASUS Intel Core i5

2. *Software*

- a. Jenis *software* (perangkat lunak) yang digunakan sebagai pendukung penelitian ini adalah *software* MATLAB R2011a.

- b. *Software audio AUDACITY* untuk memotong data suara.

3.3 Tahap Pembuatan Tugas Akhir

Dalam penyusunan dan pengerjaan tugas akhir ini akan melalui beberapa tahapan-tahapan inti yang dijelaskan seperti yang ditunjukkan dibawah ini:

3.3.1 Studi Literatur

Pada tahap awal ini yang dilakukan adalah studi literatur yang bertujuan untuk mempelajari berbagai sumber referensi (buku, jurnal dan internet) untuk mendapatkan pemahaman dan data pendukung yang berkaitan dengan proses denoising sinyal suara menggunakan metode *wavelet*.

3.3.2 Pengolahan Data

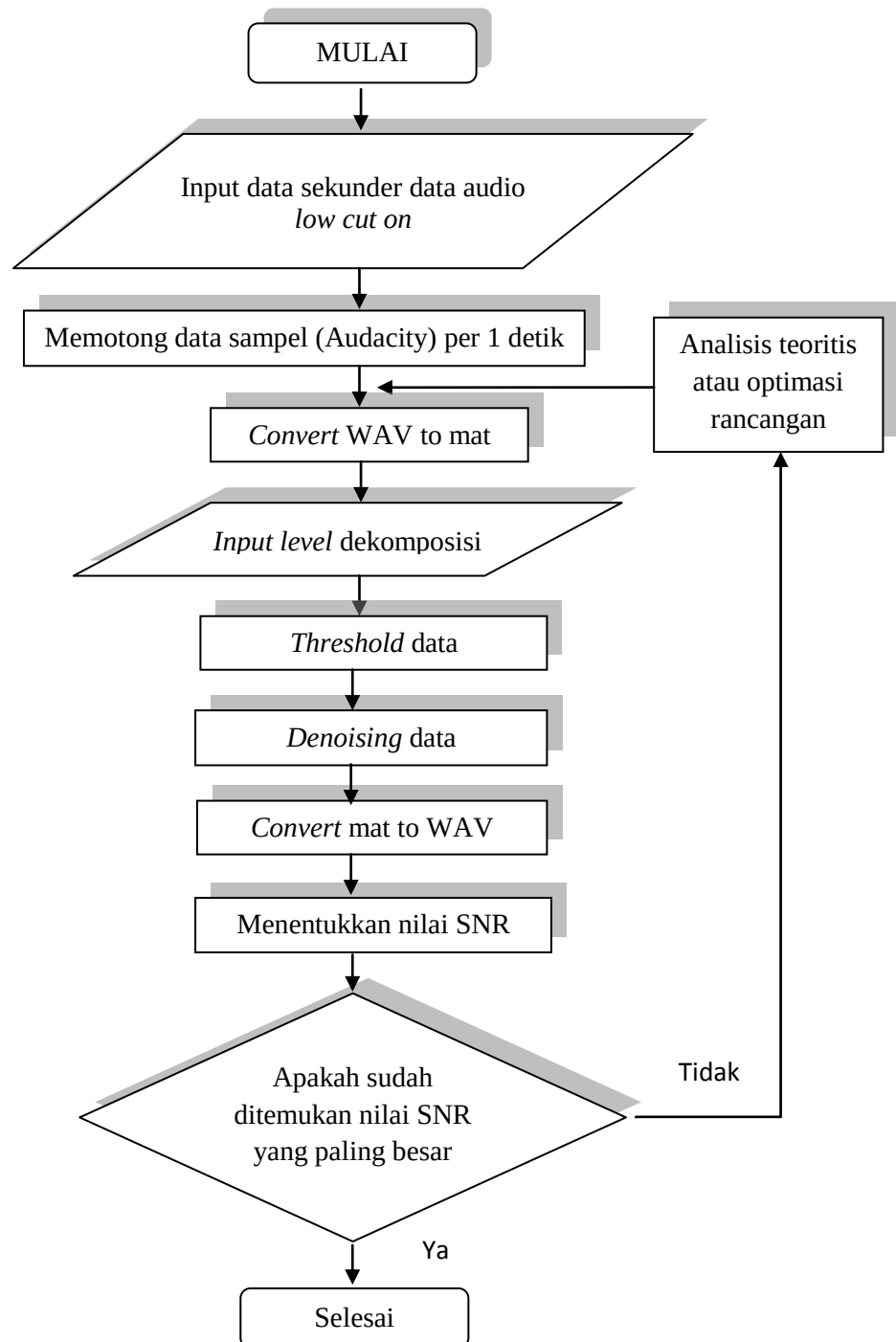
Dalam tahapan ini dilakukan pengerjaan tugas akhir yang bertujuan untuk mengurangi noise pada sinyal suara dan menentukan *level* dekomposisi dan *thresholding* terbaik menggunakan bantuan *Wavelet* pada *software* MATLAB R2011a. Pengolahan data diawali dengan mencuplik data menjadi beberapa sampel yang kemudian hasil cuplik di *convert* dari format wav menjadi mat, selanjutnya data tersebut baru dapat dilakukan *denoising* pada *wavelet*. Pada *wavelet* diatur *level* dekomposisi serta jenis *thresholding* yang dipakai. Terakhir setelah dilakukan *denoising*, barulah dilakukan pembuktian *level* serta *thresholding* terbaik dengan melihat nilai SNR (*Signal Noise to Ratio*).

3.3.3 Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai perolehan hasil pengujian *denoising* data audio ultrasonik menggunakan *toolboxes wavelet* dengan pembuktian besarnya nilai SNR (*Signal Noise to Ratio*) yang muncul ketika parameter diatur tingkat *level* dekomposisi beserta jenis *thresholding* yang dipilih.

3.3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan seperti gambar berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Gambar 3.1 adalah gambar diagram alir pengerjaan tugas akhir, terlihat pada gambar ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Dari beberapa langkah tersebut terdapat 3 langkah inti dalam tugas akhir ini yaitu *level* dekomposisi, *thresholding*, dan SNR (*Signal Noise to Ratio*). *Denoising* menggunakan *wavelet* tidak dapat dipisahkan dengan penentuan *level* dekomposisi serta jenis *thresholding*, *level* dekomposisi sendiri merupakan proses dimana suatu sinyal dipisahkan menjadi dua bagian dengan cara memasukan sinyal tersebut ke dalam sistem yang memiliki filter *high-pass* dan filter *low-pass* yang memiliki titik *cut-off* identik. Hasil dari proses tersebut yaitu berbagai sinyal yang sebenarnya adalah pecahan dari sinyal yang sama, namun sinyal satu sama lain berbeda domain frekuensinya, sementara *thresholding* merupakan proses menset ambang batas sehingga diketahui jenis penghilangan derau yang sesuai untuk data input. Tugas akhir ini menggunakan *level* dekomposisi 1-5, dan jenis *thresholding soft* dan *hard*. Langkah inti terakhir yaitu SNR, yang merupakan suatu bentuk teknik yang digunakan untuk mengetahui kualitas karakter dari suatu sinyal pada suatu pengukuran sistem. SNR yang diukur adalah SNR sinyal sesudah rekonstruksi. Semakin besar nilai SNR, semakin baik kualitas sinyal yang dihasilkan. Pada penelitian ini SNR ditampilkan dengan menggunakan bantuan *software* matlab.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan menggunakan *toolboxes wavelet* yang terdapat pada *software matlab*, terbukti bahwa *wavelet* dapat memfilter *noise* pada data audio hasil rekaman suara lumba-lumba yang didalamnya terkandung sinyal ultrasonik.
2. Dari *level* dekomposisi 1 sampai dengan *level* 5, ternyata *level* 5 merupakan *level* terbaik untuk memfilter *noise*, sementara itu untuk jenis *thresholding soft* dan *hard* terbaik tergantung pada sinyal *input*, karena kedua jenis *thresholding* tersebut masing-masing memiliki kelebihan. Hal ini dibuktikan dengan penunjukan nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan diatas dapat disarankan bahwa :

1. Pada penelitian ini hanya digunakan *wavelet* jenis haar, sementara untuk *wavelet* jenis lain tidak dilakukan penelitian. Kedepannya diharapkan dapat dilakukan penelitian menggunakan *wavelet* jenis lain sehingga dapat membandingkan keunggulan dari berbagai jenis *wavelet*.

2. Pada penelitian ini pemilihan jenis *thresholding* masih dilakukan secara manual. Kedepannya diharapkan ditemukan sebuah metode untuk memilih jenis *thresholding* terbaik secara otomatis.
3. Diharapkan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kelebihan-kelebihan *wavelet* lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Graps, A. 1995. *An Introduction to Wavelets, IEEE Computational Science and Engineering*, vol.2, num.2. IEEE Computer Society, Loas Alamitos – CA, USA.
- [2] Kumari, Neeraj dan Shelly Chugh. 2015. Reduction Of Noise From Audio Signals Using Wavelets. *International Journal For Advance Research In Engineering And Technology*. Volume 3, Issue VI, June 2015 ISSN 2320-6802.
- [3] Soleh, Ridwan Moch, Achmad Rizal, dan Rita Magdalena. 2008. Denoising Rekaman Sinyal Elektrokardiogram (EKG) Menggunakan Algoritma Iterative Threshold Pada Subband Wavelet. *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi IST AKPRIND Yogyakarta*.
- [4] Kurniawan. 2002. Reduksi Noise Pada Sinyal Suara dengan Menggunakan Transformasi Wavelet. Universitas Diponegoro Semarang. *Jurnal*. 7 Imbr.
- [5] Hayati dan Kurnia. 2014. Simulasi Unjuk Kerja *Discrete Wavelet Transform* (DWT) Dan *Discrete Cosine Transform* (DCT) Untuk Pengolahan Sinyal Radar Di Daerah Yang Ber-Noise Tinggi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. Vol: 3 No. 1 Maret 2014. 2 hlm.
- [6] Santoso, Djunaidy., Yasbil, Genbit., Salim, Ashadi. 2008. Rancangan Program Aplikasi Pengenalan Pola Suara Pada Absensi Karyawan Menggunakan Gaussian Mixture Model Dan MABC. *Jurnal. Mat Stat*, Vol. 8 No. 1, Januari 2008: 25-34. 10 hlm.
- [7] Mahmudi, Imam Abdul. Suwandi. Bethaningtyas, Hertiana . 2009. Aplikasi Reduksi Noise Dalam Perbaikan Kualitas Suara Untuk Teksi Gangguan Pita Suara Pada Jaringan Nirkabel Menggunakan Algoritma Fastica. *Jurnal*. Bandung. Universitas Telkom.
- [8] Adiman. 2015. Model Hidrologi Runtun Waktu Untuk Peramalan Debit Sungai Menggunakan Metode Gabungan Transformasi Wavelet – Artificial Neural Network. Universitas Riau. *Jom FTEKNIK Volume 2 No. 1 Februari 2015*. 13 Imbr.

- [9] Nainggolan, Jannus Maurits. Transformasi Wavelet Diskrit (Discrete Wavelet Transforms): Teori dan Penerapan Pada Sistem Daya. *Jurnal*. Lampung. Universitas Lampung.
- [10] Susilo, Vidia. Poekoel, Vecky C. Manembu, Pinrolinvic D.K. 2015. Rancang Bangun Sistem Pengukuran Kedalaman Sungai. *E-jurnal Teknik Elektro dan Komputer (2015)*; ISSN:2301-840. Manado. UNSRAT.
- [11] Gabriel, J.F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- [12] Lindawati. 2012. Sensor Ultrasonik Sebagai Pengontrol Jarak Aman Pada Kendaraan Roda Empat. *Jurnal Teknologi dan Informatika*, Vol 2 No 1, Januari 2012.
- [13] Risnasari. 2014. Penekanan Noise Pada Sinyal EKG Menggunakan Transformasi Wavelet. Bangkalan. Universitas Trunojoyo Madura. *Jurnal Ilmiah Edutic /Vol.1, No.1*, Nopember 2014. ISSN 2407-4489.7 Lmbr.
- [14] Loing, Mayo Ama Kella. Usman, Koredianto, Magdalena, Rita. 2008. Desain Dan Implementasi Sistem Peningkatan Kualitas Perekaman Audio Dengan Wavelet Noise Reduction Dan Automatic Gain Adjustment. *Konferensi Nasional Sistem dan Informatika 2006; Bali, November 15, 2008 KNS&I08-010*. Institut Teknologi Telkom.
- [15] Saragih dan Oktafiandi. 2001. Pereduksian *Additive White Gaussian Noise* (AWGN) Pada Sinyal Data Menggunakan Denoising Koefisien dari Transformasi Wavelet. *Jurnal*. Maranatha Bandung.
- [16] Silalahi dan Saragih. 2010. Analisa Multiwavelet untuk kompresi suara. *Electrical Engineering Journal*. Vol. 1 (2010) No.1, pp. 1-11.