

**ANALISIS SINYAL ULTRASONIK MENGGUNAKAN
WINDOWING**

(Skripsi)

Oleh

REZA NAUFAL LIAWAN



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

ANALYSIS OF ULTRASONIC SIGNAL USING WINDOWING

By

REZA NAUFAL LIAWAN

Noises was in ultrasonic signal of dolphin sounds recording made the information signal was not as the expectation. One of methods to reduce these noises is applying of window techniques. In this paper, data samples were taken by using of Wavelab 6 software to make analyzing on Matlab software will be easier. Window techniques which were used are Hamming and Hanning window cause these windows will give the performance is better. Moreover, the purpose of window application is to make the discontinue signal to become continue signal and to reduce of spectral leakage. The results show that rate of SNR (Signal to Noise Ratio) when Hanning window was applied is better than Hamming's. It is 4,8064 for Hanning window and 4,4823 for Hamming. So, by using of Hanning window has given the performance and quality signal will be better.

Key words: Ultrasonic Signal, Hamming window, Hanning window, SNR (Signal to Noise Ratio)

ABSTRAK

ANALISIS SINYAL ULTRASONIK MENGGUNAKAN WINDOWING

Oleh

REZA NAUFAL LIAWAN

Noise yang terkandung pada sinyal ultrasonik rekaman suara lumba-lumba menyebabkan hasil rekaman (sinyal informasi) tidak sesuai dengan harapan. Salah satu upaya untuk meminimalisir *noise* tersebut adalah dengan menerapkan teknik *windowing*. Dalam analisis ini, proses pencuplikan atau pengambilan *data sample* dilakukan pada *software Wavelab 6* guna mempermudah analisis berikutnya pada *software Matlab*. Teknik *windowing* yang digunakan adalah Hamming dan Hanning *window* karena *windowing* ini mampu memberikan performa yang lebih baik. Selain meminimalisasi *noise*, tujuan dari penerapan *windowing* ini adalah untuk mengembalikan sinyal yang *discontinue* sehingga menjadi sinyal yang *continue* serta untuk mengurangi kebocoran spektral yang terjadi. Hasil penelitian diperoleh nilai SNR (*Signal to Noise Ratio*) saat penerapan *windowing* Hanning lebih besar dibandingkan dengan Hamming, yaitu: 4,8064 untuk rata-rata SNR *windowing* Hanning dan 4,4823 untuk *windowing* Hamming. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan *windowing* Hanning memberikan performa dan kualitas sinyal yang lebih baik.

Kata kunci : *Sinyal Ultrasonik, Windowing Hamming, Hanning, SNR (Signal to Noise Ratio)*

ANALISIS SINYAL ULTRASONIK MENGGUNAKAN WINDOWING

Oleh

Reza Naufal Liawan

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 : **ANALISIS SINYAL ULTRASONIK
MENGUNAKAN WINDOWING**

Nama Mahasiswa : **Reza Naufal Tiawan**


Nomor Pokok Mahasiswa : 1115031075

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

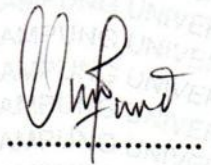
MENGESAHKAN

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

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

Bandarlampung, 26 Juli 2016



Reza Naufal Liawan

1115031075

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 16 September 1993, sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Meiwandi Rasul dan Misliha.

Penulis memulai pendidikan formal di SDN 15 Kota Tangerang pada tahun 2005, kemudian melanjutkan pendidikan SMPN 1 Kota Tangerang diselesaikan pada tahun 2008. Setelah itu, penulis menyelesaikan sekolah menengah atas di SMAN 1 Kota Tangerang diselesaikan pada tahun 2011.

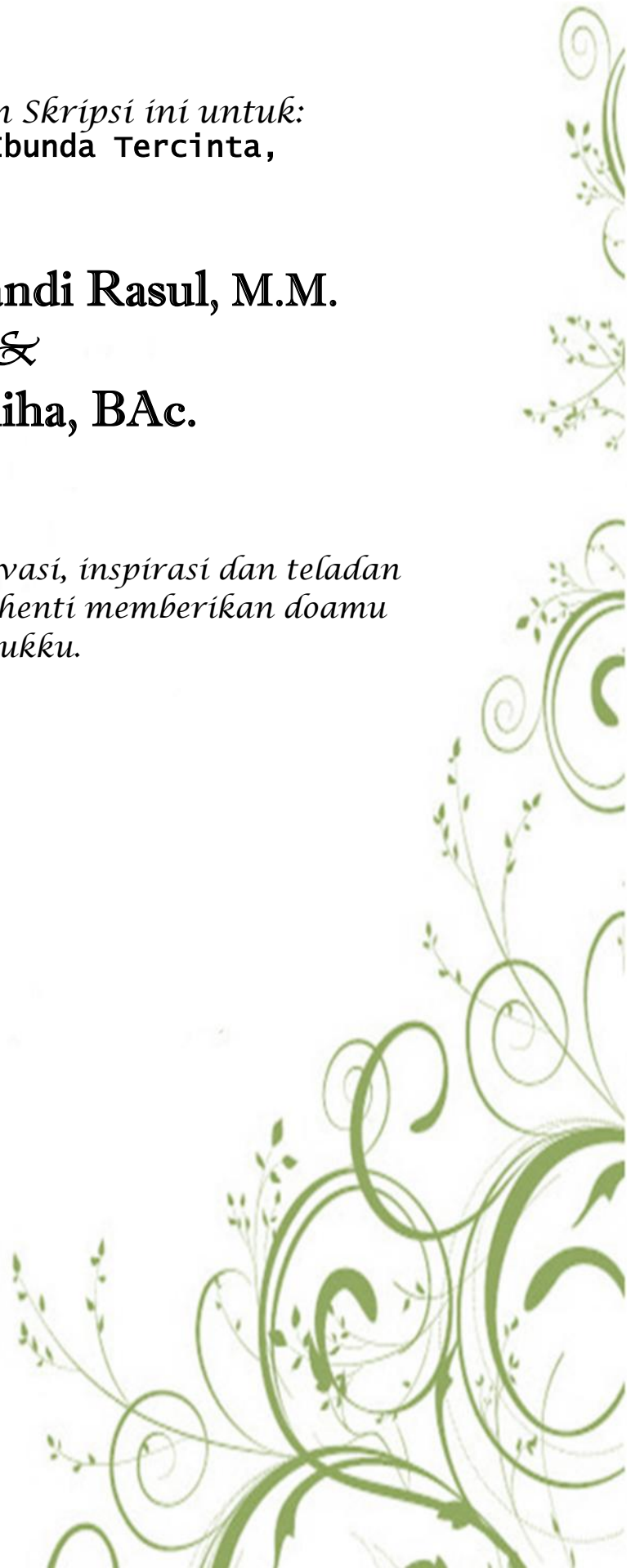
Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2011 melalui jalur penerimaan SNMPTN Undangan. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di Organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai anggota Departemen Informasi Komunikasi pada periode 2012-2014. Selama jadi mahasiswa, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Dasar Elektronika dan Asisten Praktikum Elektronika Lanjut pada tahun 2013-2014.

Penulis telah melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Garuda Maintenance Facility AeroAsia bertempat di area Bandara Internasional Sekarno – Hatta Cengkareng Tangerang selama empat puluh hari dan menyelesaikannya dengan menulis sebuah laporan yang berjudul : “Analisis Penggunaan Cockpit Voice Recorder Menggunakan Metode FMEA (Failure Modes & Effects Analysis)”.

Kupersembahkan Skripsi ini untuk:
Ayahanda dan Ibunda Tercinta,

Drs. H. Meiwandi Rasul, M.M.
&
Hj. Misliha, BAc.

*yang telah menjadi motivasi, inspirasi dan teladan
hidup serta yang tiada henti memberikan doamu
untukku.*



Whether you **THINK YOU CAN**, or think
you can't. **YOU'RE RIGHT**

__Henry Ford__

MAN JADDA WAJADA (Siapa bersungguh-sungguh
pasti berhasil)

MAN SHABARA ZHAFIRA (Siapa yang bersabar pasti
beruntung)

"Jangan hilang keyakinan, tetap berdoa,
tetap mencoba." (Reza Naufal Liawan)

SANWACANA

Dengan mengucapkan *Alhamdulillah* penulis panjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kemudahan, kelancaran, serta kekuatan kepada penulis, sehingga penulis dapat mengerjakan dan menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "*Analisis Sinyal Ultrasonik Menggunakan Windowing*". Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menempuh pendidikan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran serta dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan 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.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan Sinaga, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. sebagai Pembimbing Utama, yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan, bimbingan, saran, nasihat serta kritikan yang bersifat membangun dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

5. Ibu Umi Murdika, S.T., M.T. selaku Pembimbing Kedua, yang telah meluangkan waktunya untuk memberi arahan, bimbingan, saran, nasihat 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, nasihat, saran serta kritikan yang bersifat membangun dalam Tugas Akhir ini.
7. Bapak Syaiful Alam, S.T., M.T. yang dengan sabar telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen dan Civitas Akademika Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, atas pengajaran dan bimbingannya yang telah diberikan kepada penulis selama menjadi mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Mbak Ning, Mas Daryono dan seluruh jajarannya atas semua bantuannya dalam menyelesaikan urusan administrasi di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
10. Kedua orang tua penulis, Papa Drs. H. Meiwandi Rasul, M.M. dan Mama Hj. Misliha, BAc. Serta kakak penulis Yoga Nugraha Liawan, S.H., yang sangat penulis cintai dan banggakan karena telah memberikan do'a, dorongan moril, cinta, kasih sayang dan semangat sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Om Suroto dan Bicik Rusmala Dewi yang sudah memberikan motivasi, semangat dan mendoakan untuk kelancaran tugas akhir ini.
12. Keluarga besar yang berada di Bandar Lampung Uwak Yusuf, Kak Ita, Kak Yosi, Kak Yora, Kak Yori, Kak Yoan, Kak Yopi, dan Kak Dilla.

13. Keluarga besar Biro Harmoni yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam tugas akhir ini.
14. Keluarga besar Anggi Mutiara yang selalu memberikan penulis motivasi, penyadaran diri, dan selalu menemani selama tugas akhir ini.
15. Keluarga besar “Elevengeener 2011”, teman-teman seperjuangan (konsentrasi SEE (Fikri, Fanny, Rani, Petrus, Yusuf, Yoga, Edi, Yeremia, Andreas, Mariyo, Hajri, Frian, Denny, Andi, Alex, Habib, Deden, Reynaldi, Gusmau, Richard, Najib, Apriwan, Aditya Hartanto, Rejani, Vina), SIE(Frisky, Abidin, Subastian, Eliza, Aji, Nurhayati, Oka, Grienda, Ryan, Prasetia, Iyon, Dirya, Adit R.E, Sigit, Agi, Anida, Alin, Darma, Yazir, Aditya Pratama, Restu, Made, Choirudin, Gata, Arrosyiq, Ramos, Havif, Hajar) dan SKI(Farisy, Fadhil, Farid, Anang, Reynold, Yunita, Imam, Rina, Fenti, alm.Arif) atas kebersamaan, kekeluargaan, canda tawa, dan kisah yang tak dapat terlupakan.
16. Teman seperjuangan “Grienda Elan”, sebagai teman senasib dan sepenanggungan yang selalu berjuang bersama dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
17. Petrus Prasetyo, S.T. yang sudah menjadi teman diskusi selama pengerjaan tugas akhir penulis.
18. Semua rekan asisten dan staff Laboratorium Elektronika, yang selalu memberi motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, terimakasih untuk doa dan dukungannya.
19. Muhammad Fikri Ibrahim yang sudah setia menjadi sahabat dari SMP, SMA, dan Perguruan Tinggi.
20. Keluarga besar TRC (Tangerangan Retro Car).

21. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya Tugas Akhir ini.
22. Almamater tercinta, atas kisah hidup yang penulis dapatkan semasa kuliah.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 26 Juli 2016

Penulis,

Reza Naufal Liawan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Hipotesis	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Gelombang Bunyi	5
2.2. Spektrum Bunyi	5
2.3. Gelombang Ultrasonik	6
2.4. Derau (<i>Noise</i>).....	8
2.5. Teknik Window (<i>Windowing</i>)	11

2.5.1. Hamming Window	11
2.5.2. Hanning Window	12
2.6. SNR (<i>Signal to Noise Ratio</i>).....	14

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Metode Penelitian	17
3.3.1. Studi Literatur	17
3.3.2. Pengolahan Data.....	18
3.3.3. Analisa dan Pembahasan.....	19
3.4. Diagram Alir Penelitian.....	19

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengolahan Rekaman Suara Lumba-Lumba pada <i>Wavelab 6</i>	21
4.2. Penerapan <i>Windowing</i> Hamming dan Hanning.....	22
4.3. Perhitungan <i>Signal to Ratio</i> (SNR)	26
4.4. Perbandingan SNR Hamming dan Hanning.....	27
4.5. FFT Sinyal Rekaman Suara Lumba-Lumba.....	29
4.5.1. FFT Sinyal <i>Input</i>	30
4.5.2. FFT Sinyal Setelah <i>Windowing</i> Hamming.....	31
4.5.3. FFT Sinyal Setelah <i>Windowing</i> Hanning.....	32
4.5.4. FFT Sinyal Setelah <i>Windowing</i> Hamming dan Hanning	33

BAB V. SIMPULAN

5.1. Simpulan	36
5.2. Saran	37

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1 Program *m-file* Matlab

LAMPIRAN 2 Tabel SNR Sinyal *Output*

LAMPIRAN 3 Gambar Hasil Simulasi Sample 1-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Sinyal fungsi <i>window</i> Hamming	12
2.2. Sinyal fungsi <i>window</i> Hanning	13
2.3. Respon fungsi <i>window</i> dalam domain waktu.....	14
3.1. Diagram Alir Pengolahan Data	19
4.1. Sinyal Pencuplikan selama 30 detik pada <i>Wavelab 6</i>	22
4.2. Sinyal a) <i>input</i> b) <i>windowing Hamming</i> c) <i>noise windowing Hamming</i> ...	24
4.3. Sinyal a) <i>input</i> b) <i>windowing Hanning</i> c) <i>noise windowing Hanning</i>	25
4.4. Diagram <i>denoising</i> sinyal.....	26
4.5. Perbandingan hasil SNR <i>windowing</i> Hamming dan Hanning	29
4.6. FFT Sinyal <i>input</i>	31
4.7. FFT sinyal setelah <i>windowing</i> Hamming.....	32
4.8. FFT sinyal setelah <i>windowing</i> Hanning	33
4.9. FFT sinyal setelah <i>windowing</i> Hamming dan Hanning	34

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1. Tabel Perhitungan SNR <i>data sample</i> 1-15.....	28
4.2. Perbandingan <i>Amplitude Sinyal Windowing</i>	35

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi, informasi dan telekomunikasi di era digitalisasi semakin berkembang pesat. Salah satu contoh hasil perkembangan teknologi ini adalah perekaman suara lumba-lumba. Dalam proses perekaman suara ini terdapat suara-suara lain yang tidak diharapkan (*noise*) sehingga suara informasi yang diinginkan menjadi terganggu. Oleh karena itu agar data rekaman suara lumba-lumba ini menghasilkan frekuensi suara yang identik dengan suara lumba-lumba asli maka perlu adanya upaya minimalisasi terhadap *noise* (*denoising*) dari data perekaman tersebut.

Pemilihan filterisasi yang tepat akan memberikan hasil yang terbaik. Filterisasi ini berhubungan dengan proses *windowing* sinyal digital. Proses *windowing* bertujuan untuk mengembalikan sinyal yang terpotong menjadi sinyal yang *continue*. Selain itu, proses ini diharapkan mampu mengurangi terjadinya kebocoran spektral pada sinyal informasi.

Beberapa penelitian mengenai performa dari penerapan *windowing* telah dilakukan, seperti penelitian “ *Understanding FFT Windows – Application Note AN014*”(2003). Dalam penelitiannya, sebuah fungsi *window* mampu mengurangi kebocoran spektral dan mengukur akurasi dari *frequency domain*. Dan *windowing* Hanning adalah salah satu *window* yang digunakan karena memberikan resolusi

frekuensi dan perlindungan kebocoran spektral (*leakage*) yang baik [9]. Penelitian lain mengenai “*Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation in Time (DIT) dengan Resolusi 1/10 Hertz*”(2009). Hasilnya bahwa pendekatan window Hann (Hanning) paling baik diantara fungsi *window* lainnya (Hamming dan Rectangular)[8]. Selanjutnya, penelitian mengenai “*Comparative Performance Analysis of Hamming, Hanning and Blackman Window*”(2014). Penelitiannya menghasilkan bahwa Hanning *Window* memberikan akurasi lebih baik untuk disain *filter* dibandingkan dengan Hamming *window*[2].

Oleh sebab itu, pada penelitian ini akan dilakukan pemilihan terhadap penerapan *windowing* jenis Hamming dan Hanning. Pemilihan kedua jenis teknik *window* tersebut bertujuan untuk melihat, mendapatkan, dan membandingkan hasil terbaik yang akan diperoleh dari proses *windowing* ini dalam mereduksi *noise* dan mengembalikan sinyal yang *discontinue* dari data rekaman suara lumba-lumba.

Pada Tugas Akhir ini akan menghilangkan *noise* pada data *recording* suara lumba-lumba yang telah ada menggunakan *Software Matlab* dengan menerapkan *windowing* Hamming dan Hanning. Selanjutnya, penentuan kualitas sinyal dari proses *windowing* akan diperoleh dengan menghitung nilai *Signal to Ratio* (SNR) masing-masing sinyal.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Mengidentifikasi dan menghilangkan *noise* yang terdapat pada data hasil rekaman suara lumba-lumba.
2. Membandingkan performa sinyal dengan *windowing* Hamming dan Hanning.

3. Menghitung *Signal to Ratio* (SNR) sinyal hasil *denoising*.
4. Menentukan distribusi frekuensi pada suara yang dianalisa.

1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Menghilangkan *noise* yang terdapat pada data hasil rekaman lumba-lumba dengan menggunakan *windowing* Hamming dan Hanning menggunakan *Software Matlab*.
2. Data rekaman yang sudah diolah dapat digunakan sebagai alat terapi untuk penderita autis.
3. Mendapatkan SNR (*Signal to Noise Ratio*) dari *denoising* gelombang suara lumba-lumba.

1.4. Rumusan Masalah

File rekaman suara lumba-lumba yang berekstensi “.wav” hasil proses *recording* oleh *Hydrophone* diproses menggunakan perangkat lunak *Wavelab 6*. Pada *Wavelab 6*, *file* rekaman dicuplik (pengambilan *data sample*). Pencuplikan *file* ini dilakukan dengan variasi waktu sebanyak 15 *sample* dengan durasi selama 30 detik untuk masing-masing *data sample* pencuplikan. *File* hasil pencuplikan tersebut disimpan dengan ekstensi *wav*.

File hasil pencuplikan ini selanjutnya diproses dalam perangkat lunak *Matlab*. Program *m-file* dibuat pada *Matlab* untuk proses *windowing* Hamming dan Hanning. Proses *windowing* ini bertujuan guna mengembalikan sinyal yang

discontinue dan meminimalisir *noise* karena proses pencuplikan sinyal rekaman asli. Pada program *m-file* ini juga akan menghitung nilai *Signal to Ratio* (SNR) dari masing-masing *windowing* sehingga kualitas sinyal dapat diperoleh. Selanjutnya, dengan membandingkan nilai SNR *windowing* Hamming dan Hanning maka akan diperoleh jenis *windowing* terbaik dalam meminimalisasi *noise*.

1.5. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, memiliki batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Data yang akan diproses adalah data dengan format *wav*.
2. Proses pencuplikan *data sample* dilakukan pada *software wavelab 6*.
3. Gelombang suara yang dibahas yaitu gelombang suara yang dipancarkan oleh lumba-lumba pada saat melakukan terapi.
4. *Software* yang digunakan yaitu *wavelab 6* dan *Matlab*.

1.6. Hipotesis

Penerapan *windowing* Hamming dan Hanning pada *file* rekaman suara lumba-lumba akan diperoleh hasil rekaman dengan level *noise* yang kecil. Selain itu, akan diperoleh jenis *windowing* terbaik dalam meminimalisir *noise* rekaman suara lumba-lumba dengan mendapatkan nilai SNR untuk masing-masing *data sample*/pencuplikan rekaman suara lumba-lumba.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelombang Bunyi

Gelombang bunyi didefinisikan sebagai gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik *longitudinal* yang dapat menjalar pada medium padat, cair dan gas. Gelombang bunyi merupakan molekul vibrasi atau getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain. Rentang frekuensi yang dapat didengar oleh telinga manusia berkisar antara 20-20.000 Hz. Bunyi untuk gelombang suara dengan frekuensi diatas jangkauan pendengaran manusia disebut sebagai gelombang ultrasonik dan dibawah jangkauan pendengaran manusia disebut sebagai gelombang infrasonik.

2.2. Spektrum Bunyi

Frekuensi merupakan satuan getar yang dihasilkan dalam satuan waktu (detik) dengan satuan Hz. Frekuensi yang dapat didengar oleh kemampuan pendengaran manusia disebut *audio* atau sonik. Frekuensi yang dapat didengar oleh manusia 20 Hz – 20.000 Hz. Suara percakapan manusia mempunyai rentang frekuensi 250 Hz – 400 Hz, pada umumnya suara percakapan manusia mempunyai frekuensi sekitar 1.000 Hz. Frekuensi-frekuensi diatas 20.000 sampai 20.000 MHz disebut ultrasonik, gelombang ultrasonik ini banyak digunakan dalam bidang kedokteran untuk diagnosis dan pengobatan karena memiliki daya tembus jaringan yang

sangat tinggi. Sedangkan frekuensi-frekuensi dibawah 20 Hz disebut infrasonik. Kata “*audio*”, “sonik”, “*audio sonik*” dan “akustik” secara umum diartikan dengan jangka frekuensi (*frekuensi range*) dari spektrum bunyi yang dapat didengar oleh manusia.

Gelombang ultrasonik merupakan gelombang suara yang frekuensi melebihi batas pendengaran manusia dengan frekuensi diatas 20.000 Hz. Frekuensi-frekuensi yang dapat didengar oleh manusia disebut *audio* atau sonik, sedangkan frekuensi yang umumnya dapat didengar berkisar dari 20 Hz sampai 20.000 Hz. Frekuensi-frekuensi di atas 20.000 Hz sampai 20 MHz disebut ultrasonik. Pada bidang kedokteran gelombang ini digunakan untuk diagnosis dan pengobatan karena mempunyai daya tembus jaringan yang sangat kuat. Ultrasonik bekerja dengan cara memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi ke tubuh pasien melalui transduser.

2.3. Gelombang Ultrasonik

Gelombang adalah getaran yang merambat. Gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti dalam bidang kedokteran di antaranya untuk mendeteksi bagian dalam organ tubuh. Dalam bidang industri, gelombang ultrasonik digunakan untuk mengetahui keretakan suatu material dari logam, dan gelombang ultrasonik juga dapat dipakai untuk mengukur kedalaman laut. Gelombang ultrasonik dapat dimanfaatkan karena memiliki sifat yang dapat dipantulkan. Oleh karena frekuensinya tinggi, gelombang ultrasonik tidak banyak mengalami gangguan oleh medium perantaranya sehingga yang terbawa oleh gelombang tersebut setelah mengalami pemantulan masih tetap besar.

Hanya beberapa hewan, seperti lumba-lumba menggunakannya untuk komunikasi, sedangkan kelelawar menggunakan gelombang ultrasonik untuk navigasi. Ultrasonik merupakan suara atau getaran dengan frekuensi yang terlalu tinggi untuk bisa didengar oleh telinga manusia, yaitu kira-kira di atas 20 KHz. Dalam hal ini, gelombang ultrasonik merupakan gelombang ultra (di atas) frekuensi gelombang suara (sonik) yang memiliki kekuatan frekuensi *audiosonik*.

Sound Pressure Level (SPL) pada prinsip dari *transducer* ultrasonik mengenai *volume* dan daya dari suara ultrasonik yang dihasilkan oleh *transducer* ultrasonik.

Berikut ini merupakan rumus dari SPL yaitu:

$$\text{S.P.L} = 20 \log \frac{P}{P_0} (\text{dB}). \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

S.P.L merupakan *Sound Pressure Level*

P adalah tekanan bunyi

P_0 adalah referensi daya bunyi (20 μ Pa)

Gelombang ultrasonik memiliki sensitifitas penerimaan dari *transducer* ultrasonik yang mempengaruhi penggunaan sensor ultrasonik. Berikut ini rumus matematis dari sensitifitas gelombang ultrasonik dari *transducer* yaitu :

$$\text{Sensitivity} = 20 \log \frac{S}{S_0} (\text{dB}) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

S adalah tegangan sensor (V)

S_0 adalah referensi tegangan bunyi (V/Pa)

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas. Reflektivitas dari gelombang ultrasonik ini di permukaan cairan hampir sama

dengan permukaan padat, tapi pada tekstil dan busa, maka jenis gelombang ini akan diserap.

Prinsip kerja dari ultrasonik adalah dengan memancarkan gelombang suara dengan frekuensi tinggi sekitar 0.25 sampai 10 Mhz pada material melalui jalur yang bisa diprediksi. Gelombang suara yang ditembakkan akan merambat melalui material dan akan dipantulkan apabila mengenai sisi lain material atau cacat yang ada di dalam material.

Pantulan yang terjadi merupakan pantulan acak, bergantung pada bidang yang dikenai. Apabila gelombang suara mengenai bidang yang tegak lurus dengan arah datang gelombang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali ke sumber gelombang. Jarak cacat atau bidang tersebut diprediksi melalui waktu yang dibutuhkan mulai dari gelombang tersebut dikirimkan hingga diterima kembali.

2.4. Derau (*Noise*)

Derau atau yang biasa disebut *noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik (suara), listrik, maupun elektronis yang hadir dalam suatu sistem (rangkaiian listrik/elektronika) dalam bentuk gangguan yang bukan merupakan sinyal yang diinginkan.

Sumber derau dapat dikelompokkan dalam tiga kategori:

1. Sumber derau yang muncul dari fluktuasi acak di dalam suatu sistem fisik seperti *thermal* dan *shot noise*.

2. Sumber derau buatan manusia seperti motor, *switch*, elektronika digital.
3. Derau karena gangguan alamiah seperti petir dan bintik matahari.

Derau dapat memberikan efek gangguan pada sistem komunikasi dalam 3 jenis:

1. Derau menyebabkan pendengar tidak mengerti dengan sinyal asli yang disampaikan atau bahkan tidak mengerti dengan seluruh sinyal
2. Derau dapat menyebabkan kegagalan dalam sistem penerimaan sinyal.
3. Derau juga mengakibatkan sistem yang tidak efisien

Tujuan sistem komunikasi adalah untuk mengirimkan data sebanyak mungkin sesuai dengan waktu yang direncanakan, dengan menggunakan cukup *bandwidth*, *power*, dan *channel* yang tersedia. Jika derau memberi efek gangguan pada sistem, baik karena kesalahan pada sistem penerimaan sinyal maupun kegagalan sistem (malafungsi), perancang dan pengguna sistem harus mengganti sistem tersebut. Untuk mengatasi derau ini diperlukan *filter* untuk mengurangi gangguan derau supaya sinyal yang dikirim tidak tertekan oleh derau. Namun, apapun cara yang digunakan, sistem komunikasi menjadi tidak efisien karena membuang banyak waktu dan tenaga untuk mengatasi derau.

Berikut ini adalah beberapa jenis tipe dan sumber *noise*[4]:

- a) *Electronic noise* seperti *thermal noise* dan *shot noise*
- b) *Acoustic noise* berasal dari sumber pergerakan, getaran atau tabrakan seperti putaran mesin, gerakan kendaraan, angin dan hujan.
- c) *Electromagnetic noise* yang dapat mengganggu transmisi dan penerimaan suara, gambar dan data diatas spektrum frekuensi radio.

d) *Electrostatic noise* terjadi karena adanya tegangan.

Berdasarkan frekuensinya, spektrum atau karakteristik waktunya, proses *noise* dikelompokkan menjadi [5]:

- a) *White noise* adalah *noise* acak yang memiliki hubungan fungsi pulsa dan spektrum daya yang datar. Secara teori *white noise* memiliki frekuensi dalam daya yang sama.
- b) *Band-limited white noise* merupakan *noise* yang hampir sama dengan *white noise*, *noise* ini adalah sebuah gangguan spektrum daya yang datar dan *bandwidth* yang terbatas. Biasanya menutupi batas spektrum dari peralatan atau sinyal.
- c) *Narrowband noise*. *Noise* ini adalah proses *noise* dengan batas *bandwidth* berkisar 50/60 Hz dari daya listrik.
- d) *Coloured noise* adalah bukan *white noise* atau jenis *wideband noise* yang memiliki bentuk spektrum yang tidak datar. Sebagai contoh *pink noise*, *brown noise* dan *autoregressive noise*.
- e) *Impulsive noise*. *Noise* ini terdiri dari durasi pulsa yang singkat dari *amplitude* acak, waktu peristiwa/kejadian dan durasi.
- f) *Transient noise*. *Noise* ini terdiri dari pulsa *noise* yang relatif terhadap durasi yang lama seperti *noise* ledakan dll.

Denosing sendiri merupakan teknik pereduksian derau agar diperoleh sinyal mendekati sinyal asli yang diinginkan. Ada banyak macam algoritma untuk menghilangkan *noise* salah satunya adalah menggunakan metode transformasi *wavelet*.

2.5. Teknik Window (Windowing)

Windowing didefinisikan sebagai fungsi yang berguna untuk mengalikan sinyal terpotong yang *discontinue* terhadap fungsi *window*, hal ini bertujuan untuk mengembalikan sinyal menjadi sinyal yang *continue*. Teknik *window* yang melibatkan sebuah fungsi disebut fungsi *window*. Pengaruh besar dari *windowing* adalah *discontinuities* dari respon frekuensi yang diubah kedalam *transition bands* antara nilai pada salah satu sisi dari *discontinuity*. Proses *windowing* ini bertujuan untuk mengurangi terjadinya kebocoran spektral atau aliasing yang mana merupakan suatu efek dari timbulnya sinyal baru yang memiliki frekuensi yang berbeda dengan sinyal aslinya. Efek tersebut dapat terjadi karena rendahnya jumlah *sampling rate* atau karena proses *frame blocking* yang menyebabkan sinyal menjadi *discontinue*.

Ada beberapa teknik *window* yang biasa digunakan, teknik tersebut diantaranya adalah *Blackman window*, *Rectangular window*, *Hamming window* dan *Hanning window*[2].

2.5.1. Hamming Window

Fungsi ini menghasilkan *sidelobe* level yang tidak terlalu tinggi (kurang lebih -43 dB). Selain itu, *noise* yang dihasilkan pun tidak terlalu besar (kurang lebih 1.36 BINS). Persamaan untuk *Hamming window* adalah sebagai berikut.

$$w(n) = \alpha - \beta \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \text{ untuk } -\frac{N-1}{2} \leq n \leq \frac{N-1}{2} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan,

$w(n)$ adalah *windowing*

N adalah jumlah data dari sinyal

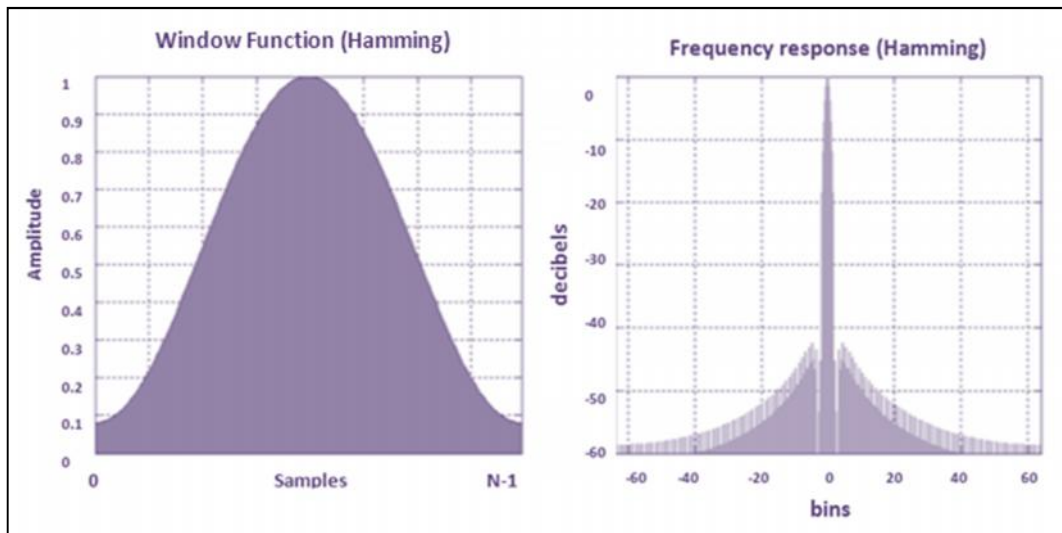
n adalah waktu diskrit ke-n

$\alpha = 0.54$ dan $\beta = 1 - \alpha = 0.46$

Fungsi *non-causal* Hamming window berkaitan dengan persamaan rectangular window.

$$W_H(n) = W_R(n) \left[0.54 + 0.46 \cos \frac{2\pi n}{N-1} \right] \dots \dots \dots (2.4)$$

Tampilan dari fungsi *window* Hamming dan respon frekuensinya dapat dilihat pada Gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1 Sinyal fungsi *window* Hamming^[7]

2.5.2. Hanning Window

Filter Hanning yaitu salah satu jenis *filter window function* dan termasuk ke dalam *filter* LPF. *Filter* berfungsi untuk menghilangkan sinyal yang tidak diinginkan dan *noise* dari sinyal. Persamaan *window* dari *causal Hanning window* adalah

$$w_{Hann}(n) = \begin{cases} 0.5 - 0.5 \cos \frac{2\pi n'}{N-1} & \text{Jika } 0 \leq n \leq N - 1 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots \dots \dots (2.5)$$

Fungsi *window* untuk *non-causal* Hanning window adalah

$$w_{Hann}(n) = \begin{cases} 0.5 + 0.5 \cos \frac{2\pi n}{N-1}, & \text{Jika } 0 \leq |n| \leq \frac{N-1}{2} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots (2.6)$$

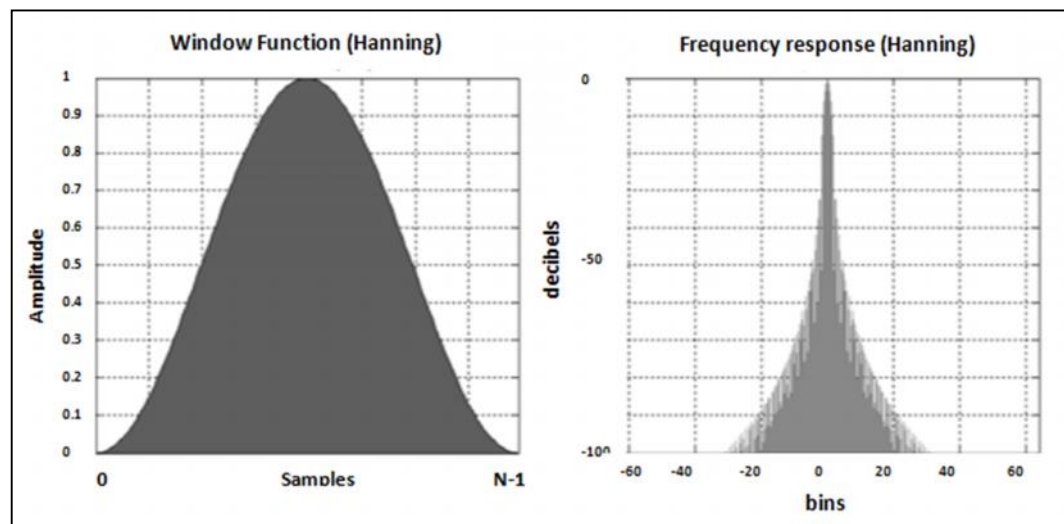
Dimana:

$w_{Hann}(n)$ adalah *windowing*.

N adalah jumlah data dari sinyal.

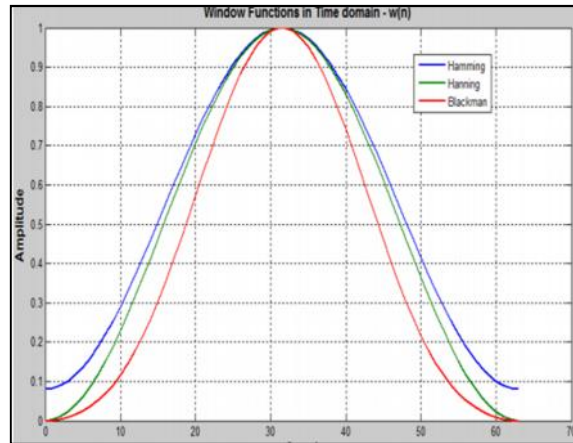
n adalah waktu diskrit ke-n.

Lebar *main lobe*-nya kira-kira $\frac{8\pi}{N}$ dan puncak dari sisi *lobe* pertamanya adalah -32dB. Tampilan dari fungsi *window* Hanning dan respon frekuensinya dapat dilihat pada Gambar 2.2. di bawah ini.



Gambar 2.2 Sinyal fungsi *window* Hanning^[7]

Berikut ini adalah contoh tampilan respon dari fungsi *window* dalam domain waktu untuk beberapa fungsi *window* (Hamming, Hanning dan Blackman).



Gambar 2.3. Respon fungsi window dalam domain waktu^[2]

Gambar 2.3 menunjukkan perbandingan performa dari beberapa fungsi *window*. Diantara Hamming dan Hanning *window*, *windowing* Hanning-lah yang memberikan performa lebih baik, yakni tampilan sinyal yang lebih *smooth*.

2.6. SNR (*Signal to Noise Ratio*)

Noise merupakan suatu sinyal gangguan yang timbul dari berbagai sumber. Salah satu sumber gangguannya yaitu dari karakter piranti elektronik. *Noise* atau biasa disebut dengan derau ini dapat disebut juga *noise* alami. *Noise* atau derau disebabkan oleh fluktansi sejumlah pembawa muatan akibat adanya gangguan dari energi luar, pengaruhnya akan terlihat ketika sinyal yang digunakan cukup lemah sehingga mengganggu pengamatan.

SNR(*Signal to Noise Ratio*) disebut SNR tinggi di lingkungan jika di atas 30 dB dan disebut SNR rendah jika kurang dari 30dB. Tingkat SNR menunjukkan apakah *noise* berpengaruh pada kejelasan sinyal sehingga jika SNR yang tinggi maka dihasilkan informasi yang semakin banyak untuk diperoleh dan pengenalan

semakin tinggi sedangkan jika pada SNR rendah maka proses pengenalan suara memiliki keberhasilan yang lebih sedikit.

Salah satu cara yang digunakan untuk mengukur *performance* dalam analisis komunikasi adalah konsep dari *signal to noise ratio* (SNR). SNR merupakan perbandingan antara sinyal asli dengan sinyal gangguan (*noise*). Oleh karena itu SNR mengindikasikan seberapa kuat sinyal asli yang berkaitan dengan interferensi. SNR dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SNR = \frac{\text{Power in Disired Waveform (Daya Sinyal Informasi)}}{\text{Power of the interfering waveform (Daya Sinyal Derau)}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Jika SNR lebih besar dari 1, akan terdapat daya lebih pada sinyal asli dibandingkan pada sinyal derau (*interference*)(dalam hal ini kualitas sinyal baik). Dan sebaliknya, jika SNR kurang dari 1 maka akan terdapat daya lebih pada sinyal derau (kualitas sinyal buruk)[1].

$SNR \gg 1$ merupakan sebuah syarat umum dalam disain. Parameter SNR bergantung pada tingkatan daya dari sinyal yang terlibat, dimana ini adalah alasan dasar untuk penggunaannya secara luas. Secara umum, SNR dinyatakan dalam *decibels* (dB). Oleh karena itu, jika P_d adalah daya dari sinyal asli dan P_n adalah daya dari derau (*interference*), maka SNR dapat dinyatakan dalam bentuk berikut:

$$\begin{aligned} (SNR)_{dB} &= 10 \log_{10} \frac{P_d}{P_n} \\ &= 10 \log_{10} P_d - 10 \log_{10} P_n \\ &= (P_d)_{dB} - (P_n)_{dB} \dots \dots \dots (2.8) \end{aligned}$$

$(SNR)_{dB}$ adalah perbedaan antara 2 buah daya yang dinyatakan dalam *decibels*. Ketika *interference*/derau terdiri dari penjumlahan 2 buah sinyal derau yang berbeda, yang dinyatakan dengan $n_1(t)$ dan $n_2(t)$ maka persamaan diatas dapat ditulis kembali dalam bentuk berikut ini.

$$SNR = \frac{\text{Daya Sinyal Informasi}}{\text{Daya } n_1(t) + n_2(t)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Saat sinyal informasi yang terlibat adalah sebuah sinyal *carrier* (pembawa), maka *carrier to noise ratio* (CNR) adalah sebagai ganti SNR.

Pengkajian SNR perlu dilakukan ketika sinyal distorsi terjadi dan untuk memasukkan pengaruh distorsi ini, maka *error* sinyal informasi dapat ditentukan dengan:

$$e(t) = s_d(t) - s(t) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$s(t) = s_d(t) - e(t) \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

$e(t)$ adalah *error*

$s(t)$ adalah sinyal pemulihan

$s_d(t)$ adalah sinyal informasi

Pada persamaan tersebut menunjukkan bahwa sinyal pemulihan dibentuk dari penambahan "*error noise*" pada sinyal informasi. Dengan mengabaikan penambahan interferensi maka kita dapat memperlakukan sinyal *error* yang sama dengan *noise*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan mulai dari Desember 2015 s.d. April 2016 yang dilaksanakan di Laboratorium Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari :

1. Laptop *ASUS A43S*
2. Perangkat Lunak *Wavelab 6*
3. Perangkat Lunak *Matlab R2011a*

3.3. Metode Penelitian

Adapun langkah kerja yang dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini, yaitu sebagai berikut :

3.3.1. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur ini dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi (buku, jurnal dan internet) untuk mendapatkan pemahaman materi yang

berkaitan dengan analisis sinyal suara menggunakan *software WaveLab 6* dan *Matlab*.

3.3.2. Pengolahan Data

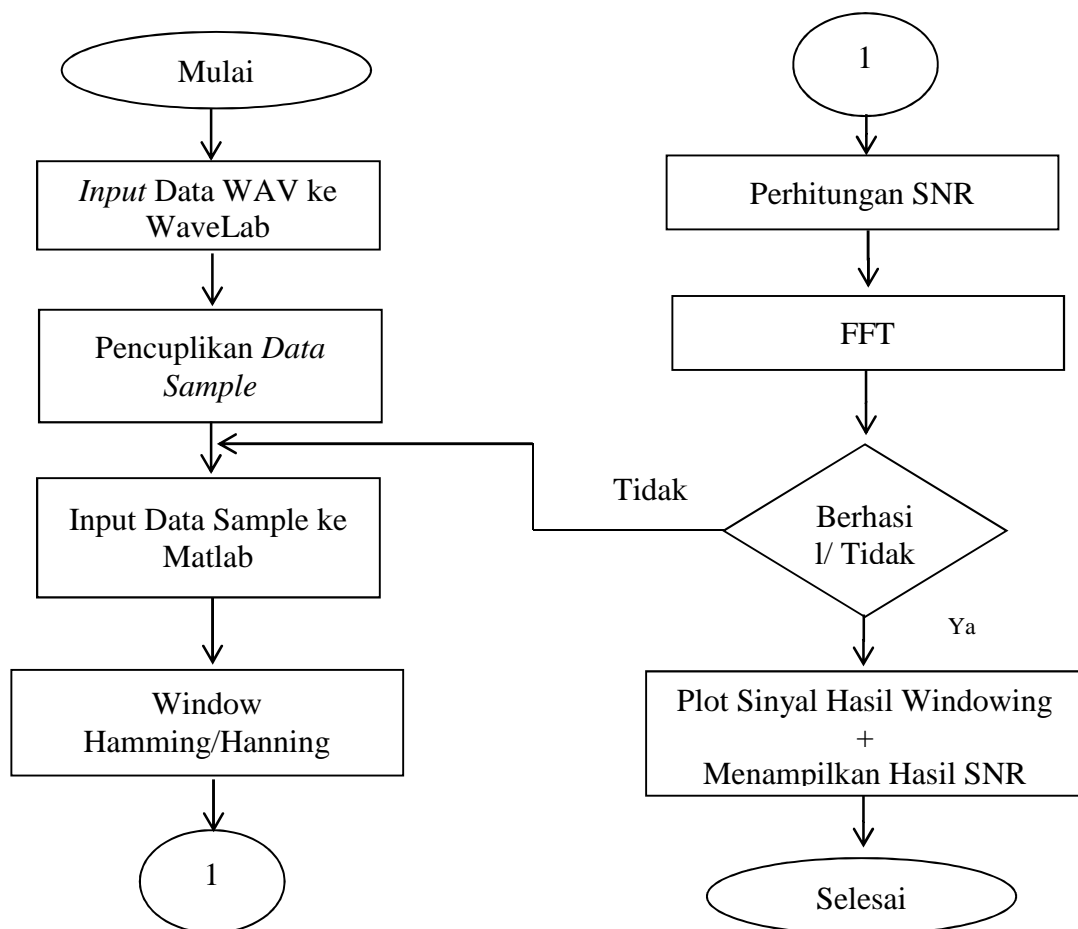
Tahapan ini merupakan proses pengolahan data rekaman suara lumba-lumba pada *software WaveLab 6* dan *Matlab*. Data rekaman suara lumba-lumba dengan format “*Wav*” ini akan dilakukan proses pencuplikan atau pengambilan *data sample* pada perangkat lunak *Wavelab 6*. Data hasil pencuplikan pada *Wavelab 6* akan disimpan dalam format “*wav*”. Pencuplikan/pengambilan *data sample* dilakukan sebanyak 15 kali dengan variasi waktu selama 30 detik. Data-data pencuplikan ini selanjutnya akan masuk pemrosesan sinyal digital pada perangkat lunak *Matlab*. Pada program *Matlab* akan menerapkan teknik *windowing*, yaitu *windowing* Hamming dan Hanning. Sebelumnya, *file* hasil pencuplikan akan dibaca pada program *Matlab*. Tujuan dari penerapan *windowing* ini adalah untuk meminimalisir sinyal *noise* (*denoising*) yang terdapat pada *file* asli. Selain penerapan kedua jenis *windowing* tersebut, perhitungan SNR (*Signal to Ratio*) untuk masing-masing *windowing* juga dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan performa terbaik dari teknik *windowing* yang dilakukan terhadap sinyal pencuplikan suara lumba-lumba. Dari nilai SNR inilah akan diperoleh kualitas sinyal tersebut baik atau buruk. Tampilan sinyal dalam domain frekuensi untuk masing-masing sinyal juga akan ditampilkan dengan menerapkan fungsi *fast fourier transform* (FFT). Dengan ditampilkannya sinyal dalam domain frekuensi maka informasi dan karakteristik lain dari sinyal tersebut dapat diperoleh.

3.3.3. Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai perolehan data hasil pengujian yang dilakukan. Data yang akan diperoleh berupa grafik sinyal *input*, sinyal setelah penerapan *windowing*, SNR dan sinyal FFT.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini dibuat untuk memperjelas langkah-langkah kerja dalam proses pengerjaan Tugas Akhir/ Penelitian. Diagram alir ini terdiri dari dua bagian, yaitu: diagram alir pengolahan data dan diagram alir penyusunan laporan penelitian. Diagram ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengolahan Data

Pada tahapan pertama pengolahan sinyal rekaman suara lumba-lumba adalah proses pencuplikan atau pengambilan *data sample* yang dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak Wavelab 6. Pada tahapan ini, pencuplikan dilakukan sebanyak 15 *data sample*. Selanjutnya, file hasil pencuplikan diproses menggunakan perangkat lunak matlab untuk menerapkan tahapan *windowing* (Hamming dan Hanning). Pemrosesan sinyal pada Matlab dengan membuat program *m-file*. Setelah memasuki tahapan *windowing* maka perhitungan SNR dilakukan untuk mendapatkan kualitas sinyal dari masing-masing *windowing*. Dan tahapan akhir adalah dengan menampilkan grafik sinyal hasil *windowing* dan SNR.

V. SIMPULAN

5.1. Simpulan

Dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Noise* pada data hasil rekaman telah diidentifikasi dan dihilangkan dengan menerapkan teknik *windowing* (Hamming dan Hanning).
2. Performa analisis sinyal rekaman yang diperoleh ketika menerapkan teknik *windowing* Hanning adalah lebih baik dibandingkan teknik *windowing* Hamming yaitu dengan diwakili oleh nilai SNR yang didapatkan.
3. Didapatkan nilai rata-rata SNR yang lebih besar untuk *windowing* Hanning, yaitu: 4,8064 untuk *windowing* Hanning dan 4,4823 untuk *windowing* Hamming.
4. Diperoleh distribusi frekuensi sinyal rekaman yang dianalisis dengan frekuensi maksimum adalah 47999.9667 Hz, selain itu *windowing* Hanning mampu mengurangi kebocoran (*leakage*) dan meningkatkan keakurasian dalam mengukur *frequency domain* karena karakteristiknya yang memiliki *side lobe* lebih lebar dibandingkan *windowing* Hamming.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari pengerjaan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk mendapatkan data analisis yang *valid* dapat dilakukan dengan menambah durasi waktu pencuplikan *data sample* rekaman dan mengolahnya menggunakan *software* lain yang lebih baik.
2. Dapat menambahkan penerapan teknik *windowing* lainnya untuk mendapatkan komparasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gagliardi, Robert M. 1988. *Introduction to Communications Engineering Second Edition*. United State of America: A Willey-Interscience Publication.
- [2] Podder, Prajoy dkk. 2014. *Comparative Performance Analysis of Hamming, Hanning and Blackman Window*. *International Journal of Computer Applications* (0975-8887) Volume 96-No.18, June 2014.
- [3] Chithra, P.L and R. Aparna. 2015. *Performance of Windowing Techniques in Automatic Speech Signal Segmentation*. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol 8(29), IPL0659, November 2015.
- [4] Villanueva, Adrian E. *De-Noising Audio Signals Using MATLAB Wavelets Toolbox*. Instituto Nacional de Astrofisica, Optica y Electronica (INAOE)-Universidad Autonoma del Carmen (UNACAR). Mexico.
- [5] Singh, Manjeet dan Kumar Garg, Naresh. 2014. *Audio Noise Rduction Using Butter Worth Filter*. GZSPTU Campus Bathida. *International Journal of Computer & Organization Trends-Vol 6 number 1-Mar 2014*.
- [6] Fitriani K, Milla dkk. *Pembuatan Data Base Transkrip Akord Instrumen Tunggal Menggunakan Metode Enhanced Pitch Class Profile (EPCP)*. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- [7] <http://ee.lamar.edu/gleb/dsp/index.htm> diakses pada 6 Juni 2016 pukul 21.45.

- [8] Riyanto, Sugeng. 2009. *Algoritma Fast Fourier Transform (FFT) Decimation in Time (DIT) dengan Resolusi 1/10 Hertz. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta, 16 Mei 2009.*
- [9] *Understanding FFT Windows-Application Note.* 2003. LDS AN014 1203.