



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SISTEM INSTRUMENTASI  
UNTUK IDENTIFIKASI DAN ANALISIS SUARA PARU-PARU**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**ROMORA A SIMANJUNTAK**

**0706196771**

**MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**DEPOK**

**2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
Telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Romora A Simanjuntak**

**NPM : 0706196771**

**Tanda Tangan :**

**Bulan : Juni 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Romora A Simanjuntak

NPM : 0706196771

Program Studi : Fisika Instrumentasi

Judul Skripsi : Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara

Paru-Paru

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Sastra Kusumawijaya ( )

Penguji I : Dr. Musaddiq Musbach ( )

Penguji II : Dr. BEF da Sylva M.sc ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 21 Juni 2010

## KATA PENGANTAR

*Puji syukur* kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karuniaNya hingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan baik dengan judul “Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara Paru-Paru”. Penulis berharap semoga laporan ini bermamfaat bagi yang membutuhkan dan dapat dikembangkan pada kemudian hari. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang selama ini telah banyak membantu penulis. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

- ✚ Kedua orang tua Bapak dan Mama yang memberikan kasih sayang, pengorbanan semenjak lahir hingga saat ini. Terimakasih atas dukungannya.
- ✚ Bapak Dr. Sastra Kusumawijaya selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu.
- ✚ Bapak Dr. Musaddiq Musbach dan Bapak BEF da Silva M.sc sebagai Dosen Penguji
- ✚ Abang Ondo dan adek Cici, teman seperjuangan penulis. Terima kasih atas bantuan dan dorongan yang diberikan.
- ✚ Untuk Sylvia Riadini Siahaan jalan Tuhan mengajari ku kasih sayang dan kedewasaan. Terima kasih hasian atas doanya.
- ✚ Teman-teman sejurusan Fisika

Akhir kata, semoga apa yang penulis kerjakan dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis sendiri. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, karena penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan yang harus diperbaiki.

Depok, 21 Juli 2010

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Romora A Simanjuntak  
 NPM : 0706196771  
 Program Studi : Fisika Instrumentasi Elektronika  
 Departemen : Fisika  
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
 Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

### **Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara Paru-Paru**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noekskluif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
 Pada tanggal : 21 Juni 2010

Yang menyatakan,

(Romora A Simanjuntak)

Nama : Romora A Simanjuntak

NPM : 0706 19 6771

Judul : Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara Paru-Paru

### **ABSTRAK**

Menurut penelitian dan paper-paper kesehatan penyakit paru-paru merupakan penyakit yang merengut banyak korban jiwa saat ini. Penyakit ini bisa di atasi lebih dini dengan memperhatikan gejalanya. Gejalanya yaitu berupa suara paru-paru abnormal dan suara paru-paru adventitious. Proses untuk mendengarkan suara paru-paru dengan stetoskop dinamakan auskultasi. Proses auskultasi yang dihasilkan oleh dokter kesehatan sering berbeda-beda beda karena perbedaan kemampuan mendenagar dan pengalaman diagnosa. Dengan sistem instrumentasi untuk identikasi dan analisa suara paru-paru diharapkan akan membantu untuk menganalisa suara paru-paru fokus pada suara normal dan adventitious. Interpretasi gambar dalam bentuk spectrogram maupun scalogram akan mempermudah analisis suara paru-paru sekaligus mengatasi masalah kemampuan pendengaran dalam auskultasi. Metode fourier transform yang berkembang menjadi Short Time Fourier Transform (STFT) hingga tingkat lanjut seperti Wavelet digunakan sebagai tools untuk analisa. Upaya filtering dengan rangkaian filter analog dan filter digital diupayakan agar dapat memperoleh suara-paru yang sebenarnya terletak pada frekuensi yang cukup kecil sekitar 2000 Hz.

Daftar Acuan : 14 (1982– 2007)

Kata Kunci : Suara Paru-Paru, STFT, Wavelet, Wheeze, Crackle, Spectrogram

Name : Romora A Simanjuntak

NPM : 0706196771

Title : Instrumentation System for Lung Sound Identification and Analysis

### **ABSTRACT**

In many research and health organization paper, lung diseases had snatched many victims at early year. This disease can be prevented with pay attention to the indications. One of indications is sound of abnormal and adventitious sound. Hearing lung sounds with stethoscope is called auscultation process. But is usually health servicer presents different interpretation of auscultation. Hearing abilities and personal diagnoses experience causes these problems. Instrumentation system for lung sound identification and analysis helps to solve this main problem of hearing abilities. Lung sound result of auscultation process focus at normal lung sound and adventitious lung sounds. Image interpreted in spectrogram and scalogram let us easily to analyze and identify lung sound. At the first Fourier transform method that is developed into next level Short Time Transfer Fourier and Wavelet (STFT) in advance level is the tool that is used to analyze sound signal. Analog filter and digital filter efforts to get better signal which lung sound lower than 2000 Hz.

Reference (s) : 14 (1982– 2007)

Keyword (s) : Lung Sound, STFT, Wavelet, Wheeze, Crackle, Spectrogram

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I. PENDAHULUAN.....	11
1.1 Latar Belakang Masalah.....	11
1.2 Tujuan Penelitian.....	12
1.3 Pembatasan Masalah.....	13
1.4 Metodologi Penelitian.....	13
1.5 Sistematika Penulisan.....	16
BAB II. TEORI DASAR.....	17
2.1 Defenisi Suara Paru-Paru.....	17
2.2 Proses Auskultasi.....	18
2.3 Jenis Suara Paru-Paru.....	19
2.3.1 Suara Paru-Paru Normal.....	20
2.3.2 Suara Paru-Paru Abnormal.....	22
2.3.3 Suara Paru-Paru Adeventitious.....	22
2.4 Perangkat Keras.....	25
2.4.1 Stetoskop Akustik.....	25
2.4.2 Electrets Condenser Microphone.....	25
2.4.3 Low Pass Filter Suara Paru-Paru.....	26
2.4.4 Akuisisi Data dengan Sound Card.....	27
2.4.5 Proses Sampling.....	27
2.5 Pengolahan Data Digital.....	28
2.5.1 Fourier Transform (FT).....	28
2.5.2 Short Time Fourier Transform (STFT).....	30
2.5.3 Wavelet Transform.....	30
2.6 LabView Advance Signal Processing Toolkit.....	34
2.6.1 Time Domain Waveform.....	35
2.6.2 FFT RMS dan Power Spectrum.....	35



2.6.3	STFT Spectrogram.....	36
2.6.4	Wavelet Scalogram.....	37
BAB III. PERANCANGAN SISTEM.....		38
3.1	Stetoskop dan Electret Condenser Microphone.....	38
3.2	Rangkaian Low Pass Filter.....	39
3.3	Perancangan Perangkat Lunak dengan LabView.....	40
3.3.1	Title .....	41
3.3.2	Record Sound.....	41
3.3.3	Analysis .wav Signal.....	42
3.3.4	Continuous Spectrogram.....	43
3.3.5	Compare With Wavelet Sound Explorer.....	45
BAB IV. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS DATA.....		46
4.1	Pengujian Low Pass Filter.....	46
4.2	Penyajian Data dan Analisa Suara Paru-Paru Normal.....	48
4.2.1	Normal Tracheal atau Tracheobronchial Sound.....	49
4.2.2	Normal Bronchial Sound.....	50
4.2.3	Normal Bronchovesicular.....	51
4.2.4	Normal Vesicular.....	52
4.3	Penyajian Data dan Analisa Suara Paru-Paru Adventitious .....	54
4.3.1	Crackles .....	55
4.3.2	Fine Late Inspiratory Crackle.....	56
4.3.3	Wheezes.....	57
4.3.4	Kombinasi Crackle dan Wheeze.....	57
4.3.5	Rhonchi.....	58
4.3.6	Stridor .....	59
4.3.7	Pleural Rub .....	60
4.4	Penyajian Data Pengamatan Auskultasi Langsung dengan Pasien .....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR ACUAN.....		66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sejarah Munculnya Stetoskop Sebagai Analisis Suara Paru-Paru.	11
Gambar 1.2 Bagan Alir Metode Penelitian.....	15
Gambar 2.1 Hubungan antara <i>breath sound</i> , <i>anventitious sound</i> dan <i>lung sounds</i> dan <i>respiratory sounds</i> .....	17
Gambar 2.2 Sinyal Suara Paru-Paru pada Proses Inspirasi dan Ekspirasi.....	18
Gambar 2.3 Posisi Stetoskop DalamAuskultasi.....	19
Gambar 2.4 Kategori Suara Paru-Paru Normal Berdasar Posisi Auskultasi.....	20
Gambar 2.5 Stetoskop Akustik.....	25
Gambar 2.6 Respon sinyal sesuai Teori Nyquist.....	28
Gambar 2.7 Proses Scaling dan Sifting Pada Wavelet.....	32
Gambar2.8 Proses Scanning pada Wavelet Skala Kecil.....	33
Gambar 2.9 Analisis yang Tersedian Dalam Advance Signal Processing Toolkit Dalam LabView.....	35
Gambar 2.10 Time Domain Signal.....	35
Gambar 2.11 FFT Power Spectrum vi dalam LabView.....	36
Gambar 2.12 STFT Spectrogram vi dalam LabView.....	36
Gambar 2.13 STFT Spectrogram Sinyal Sinusoidal 300 Hz dalam LabView...	36
Gambar 2.14 Fungsi Wavelet Scalogram dalam LabView.....	37
Gambar 2.15 Display Wavelet Schalogram Sinyal Sinusoidal 300 Hz dalam LabView.....	37
Gambar 3.1 Alur Diagram Perancangan Sistem .....	38
Gambar 3.2 Sambungan Electret Condenser Microphone dengan Stetoskop...	39
Gambar 3.2 Rangkaian Low Pass Filter Dengan Orde Dua.....	39
Gambar 3.3 Rangkaian Filter Analog Low Pass Filter dengan Rangkaian Power Supply.....	40
Gambar 3.4 Tampilan Utama Software Analisis Suara Paru-Paru.....	40
Gambar 3.5 Menu Pull Down untuk Proses Analisis yang Akan Dipilih.....	41
Gambar 3.6 Menu Tabulasi untuk Menyimpan Sinyal Suara Dalam Bentuk File .wav.....	42
Gambar 3.7 LabView Blok Diagram untuk Record Sound.....	42
Gambar 3.8 Tampilan Analisa STFT dan Wavelet.....	43

Gambar 3.9 Blok Diagram Analisa File.wav Dengan STFT dan Wavelet.....	43
Gambar 3.10 Tampilan Front Panel Moving Spectrogram.....	44
Gambar 3.11 Tampilan Blok Diagram Moving Spectrogram.....	44
Gambar 3.12 Tampilan Wavelet Sound Explorer.....	45
Gambar 3.13 Blok Diagram Running File Executable pada LabView.....	45
Gambar 4.1 Hasil Bode Plot dengan Labview Pengujian Rangkaian Low Pass Filter dengan cut off pada Frekuensi 2000 Hz.....	47
Gambar 4.2 Sinyal Sebelum Difilter Analog.....	48
Gambar 4.3 Sinyal Sesudah Difilter Analog.....	48
Gambar 4.4 Posisi Sumber Suara Paru-Paru Normal	48
Gambar 4.5 Front Panel Suara Normal Tracheal atau Tracheobronchial Sound.....	49
Gambar 4.6 Front Panel Suara Normal Bronchial.....	50
Gambar 4.7 Front Panel Suara Normal Bronchovesicular.....	51
Gambar 4.8 Front Panel Suara Normal Vesicular.....	52
Gambar 4.9 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle.....	55
Gambar 4.10 Front Panel Suara Adventitious Medium Crackle.....	55
Gambar 4.11 Front Panel Suara Adventitious Coarse Crackle.....	56
Gambar 4.12 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle.....	56
Gambar 4.13 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle.....	57
Gambar 4.14 Front Panel Suara Adventitious Inspiratory Crackel dan Ekspiratory Wheeze.....	58
Gambar 4.15 Front Panel Suara Adventitious Rhonchi.....	59
Gambar 4.16 Front Panel Suara Adventitious Stridor.....	60
Gambar 4.17 Front Panel Suara Adventitious Pleural Rub.....	61
Gambar 4.18 Salah Satu Posisi Saat Auskultasi.....	61
Gambar 4.19 Front Panel Suara Pasien Romora.....	63
Gambar 4.20 Front Panel Suara Pasien Ryandi.....	63
Gambar 4.21 Front Panel Suara Pasien Ondo.....	64
Gambar 4.22 Front Panel Suara Pasien Parman.....	64
Gambar 4.23 Front Panel Suara Pasien Linggom.....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Suara Paru-Paru.....	19
Tabel 2.2 Kategori Suara Paru-Paru Normal.....	21
Tabel 2.3 Spesifikasi Electrets Condenser Tipe Weston Super Professional Microphone MM-701.....	26
Table 2.3 Range Frekuensi Sinyal Suara Pada Saat Auskultasi (European Respiratory Review, Ara Sovijarvi 2000.....	27
Tabel 2.4 Contoh Jenis Keluarga Wavelet.....	34
Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Filter yang Dibuat.....	47
Tabel 4.2 Hasil Analisa Perbedaan Kategori Suara Normal.....	53
Tabel 4.3 Data Pengamatan Pasien.....	61

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pada awalnya seorang ahli kesehatan percaya bahwa kesehatan seseorang dapat dianalisa dengan mendiagnosa suara paru-paru pasiennya. Sebelum ditemukannya stetoskop untuk menganalisa paru-paru dengan menempelkan kuping langsung pada daerah dada pasien.



Gambar 1.1 Sejarah Munculnya Stetoskop Sebagai Analisis Suara Paru-Paru

Sudah dua abad lamanya pulmonologi (ilmu kedokteran yang mengangani bidang penyakit pada paru-paru) sejak ditemukannya stetoskop oleh Rene Laennec pada tahun 1816 (<http://en.wikipedia.org/wiki/Stethoscope> [12]), basis fisika dari fenomena akustik dari sistem pernafasan manusia, belum dapat sepenuhnya dapat duraikan secara tepat. Diakibatkan karena kompleksnya sistem pernafasan manusia yang bervariasi untuk setiap umur, fisik, dan pengaruh habitat dari manusia itu sendiri.

Stetoskop akustik yang umum digunakan, beroperasi dengan menyalurkan suara dari bagian dada melalui bagian tabung kosong berisi udara. Suara jantung dan paru-paru akan mengetarkan diaphragm atau membran plastik akan menyalurkan gelombang akustik hingga ke telinga. Dengan harapan dokter dapat mendengar suara normal dalam tubuh maupun kelainan suara yang muncul akibat beberapa penyakit pada pasien.

Suara akustik yang dideteksi pada stetoskop berupa suara paru-paru dan suara detak jantung. Namun yang akan dibahas hanya suara pada paru-paru (*lung sounds*). Dengan bantuan stetoskop akustik yang didengar oleh langsung dokter. Namun karena perbedaan kemampuan pendengaran akan membuat berbagai macam diagnosa bergantung analisis suara dengan penilaian dan penyesuaian terhadap referensi masing-masing.

Proses pendengaran melalui stetoskop untuk mendengar penyakit ini sering disebut auskultasi atau *auscultation*. Proses auskultasi untuk identifikasi suara normal atau suara abnormal akustik stetoskop konvensional tentu akan menyulitkan dalam identifikasi penyakit berdasar suara paru-paru. Berbagai macam kesalahan identifikasi dalam diagnosa dapat terjadi dalam proses auskultasi. Ruang diagnosa yang harus senyap, dan identifikasi yang berbeda, akibat kemampuan pendengaran yang berbeda pada setiap orang.

Karena faktor-faktor tersebut di atas, kesalahan diagnosis bisa terjadi apabila prosedur auskultasi tidak dilakukan dengan benar. Sebagai upaya untuk mengurangi kesalahan ini maka dirancang suatu perangkat lunak klasifikasi suara paru-paru yang dapat mengenali jenis suara paru-paru dengan metode analisis yang lebih lanjut

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari dan memahami proses akuisisi sinyal suara
2. Mengetahui berbagai macam suara normal, abnormal dan adventitious pada paru-paru yang menghasilkan variasi-variasi sinyal suara
3. Membuktikan keefektifan transformasi Fourier dan *Short Time Fourier Transform (STFT)* dan *Wavelet* dalam analisa suara paru-paru
4. Identifikasi dan analisa spektrogram atau scalogram untuk setiap kategori sinyal suara paru-paru

### 1.3 Pembatasan Masalah

Penelitian dan perancangan sistem instrumentasi ini bertujuan untuk identifikasi suara paru-paru dengan metode FFT, STFT dan *Wavelet*. Penelitian ini difokuskan pada perancangan stetoskop, akuisisi data, processing sinyal suara paru-paru dan interpretasi untuk identifikasi sinyal suara paru-paru. Teknik proses sinyal suara dilakukan dengan bantuan *software* LabVIEW.

### 1.4 Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri atas tiga tahap utama, antara lain:

a. Studi Peralatan

Studi Peralatan digunakan penulis untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang akan digunakan dalam pembuatan untuk analisa dan identifikasi suara paru-paru dan pendistribusiannya sehingga penulis mendapatkan pembelajaran yang tepat tentang alat yang akan dipakai tersebut dan diperoleh teori-teori dasar sebagai sumber penulisan skripsi

b. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan untuk memperoleh informasi tentang suara paru-paru dan penyakit paru-paru dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet dan buku-buku yang berkaitan dengan penelitian

c. Ujicoba Peralatan di Laboratorium

Penelitian laboratorium dilakukan untuk perancangan perangkat lunak berbasis LabView dan perangkat keras berupa kalibrasi filter dan alat-alat lainnya yang akan digunakan sebagai akuisisi suara paru-paru

Penelitian yang dilakukan memiliki tahap-tahap pelaksanaan, pembuatan, dan penganalisaan, antara lain meliputi:

a. Diskusi

Diskusi yang dilakukan adalah diskusi rutin dengan pembimbing penelitian, serta mahasiswa dan alumni yang kompeten pada bidang yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat terpecahkan masalah saat berlangsungnya penelitian dan pembuatan program

b. Studi Literatur

Untuk memperoleh data mengenai cara kerja alat dan spesifikasi alat yang digunakan beserta landasan teori dalam penelitian. Sumber media yang mendukung adalah buku-buku acuan, jurnal-jurnal kesehatan, artikel-artikel sehubungan dengan suara paru-paru, serta informasi yang diperoleh dari internet

c. Pembuatan Sistem Pemrograman

Sistem dibuat untuk menampilkan data secara *realtime* yaitu menampilkandengan format standar windows.

d. Pembuatan *Sistem Instrumentasi*

Pembuatan program monitoring dengan bahasa LabVIEW 8.6 menggunakan Souncard sebagai akuisisi sinyal suara.

e. Analisis Data

Parameter-parameter pengolahan sinyal dimasukkan kedalam pengolahan matematis, sehingga didapatkan hasil analisis.

f. Pengujian *Rancangan Sistem*

Analisis yang telah dibuat dicocokkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya dari berbagai referensi tentang suara dan penyakit paru-paru.

g. Penyelesaian *Software*

Sistem instrumentasi untuk analisa dan identifikasi suata paru-paru yang telah didesain lengkap dengan hasil interpretasi

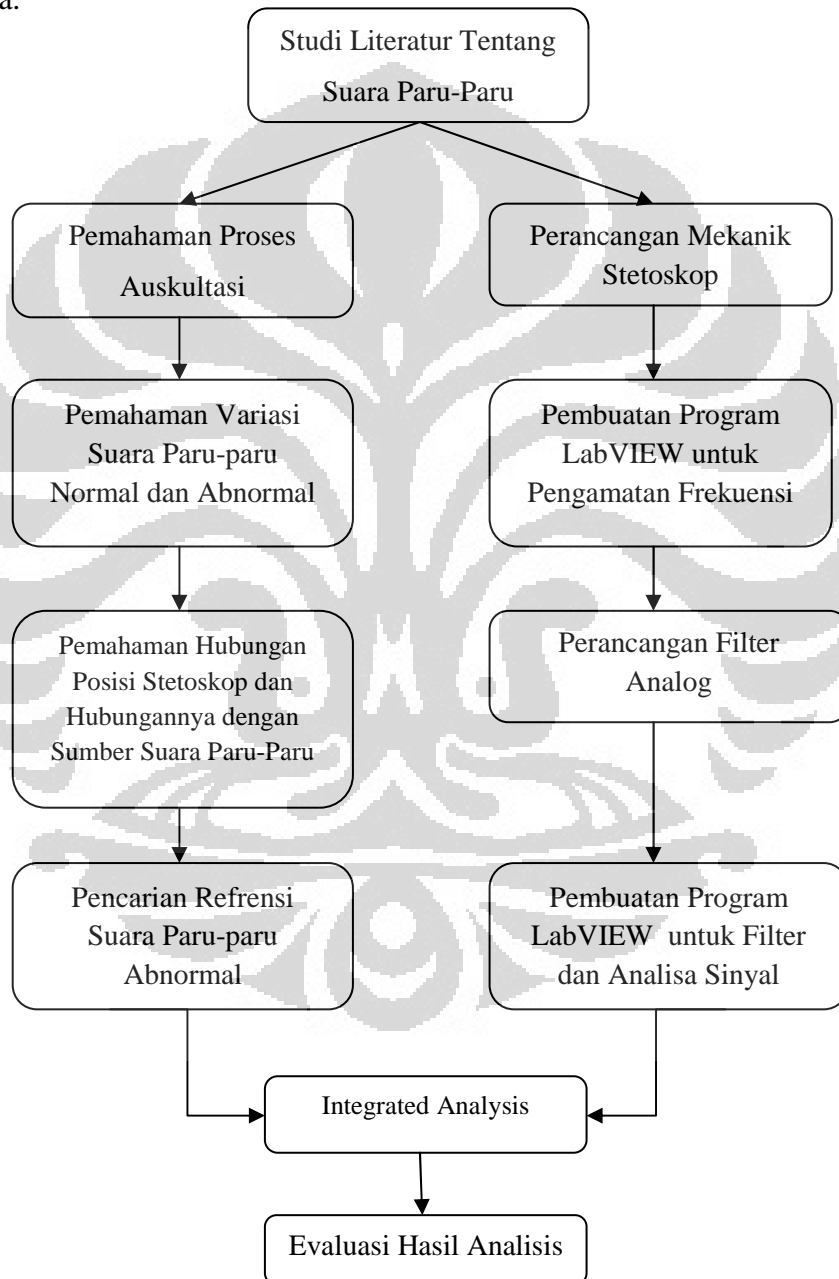
h. Pembuatan Laporan Akhir

Laporan akhir yang dibuat berdasarkan pada hasil monitoring yang dapat ditampilkan oleh *waveform*, *scalogram* dan *spectrogram* dalam LabView



### i. Kesimpulan

Berikut ini merupakan langkah-langkah umum yang dilakukan penulis secara skematik. Pada dasarnya penelitian ini yang dibagi atas dua bagian secara bersamaan, yaitu berupa bagian perancangan sistem instrumentasi dan bagian pemahaman secara medis. Kemudian kedua bagian diintegrasikan untuk dianalisis hasilnya.



Gambar 1.2 Bagan Alir Metode Penelitian

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

### Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisikan latar belakang, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penelitian.

### Bab II : Teori Dasar

Bab ini berisikan tentang teori ilmiah yang mendukung penelitian.

### Bab III: Perancangan Sistem

Bab ini berisi pembuatan rangkaian elektronika dan pemrograman software yang dibuat.

### Bab IV: Pengujian Sistem dan Analisis Data

Bab ini berisikan hasil pengujian dan analisa masing-masing data hasil penelitian.

### Bab V : Kesimpulan dan Saran

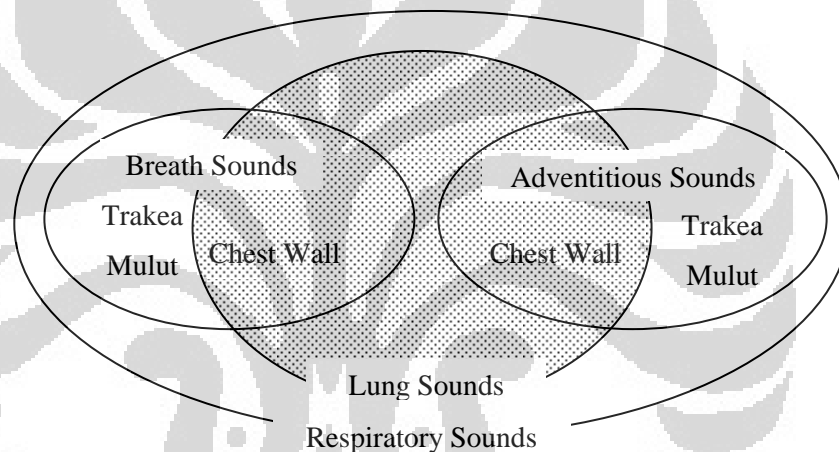
Bab ini berisi kesimpulan tentang penelitian dan saran penulis untuk pengembangan skripsi ini selanjutnya.

## BAB 2

### TEORI DASAR

#### 2.1 Defenisi Suara Paru-Paru

Suara paru-paru (*lung sounds*) tentu merupakan bagian dari suara pernafasan (*respiratory sound*). Suara paru-paru sendiri terjadi pada bagian sekitar dada (*chest wall*) sedangkan suara pernafasan meliputi suara pada mulut dan trakea (Sovijärvi A.R.A, J. Vanderschoot, J.E. Earis, 2000 [1]). Secara keseluruhan dapat dijelaskan pada gambar berikut:

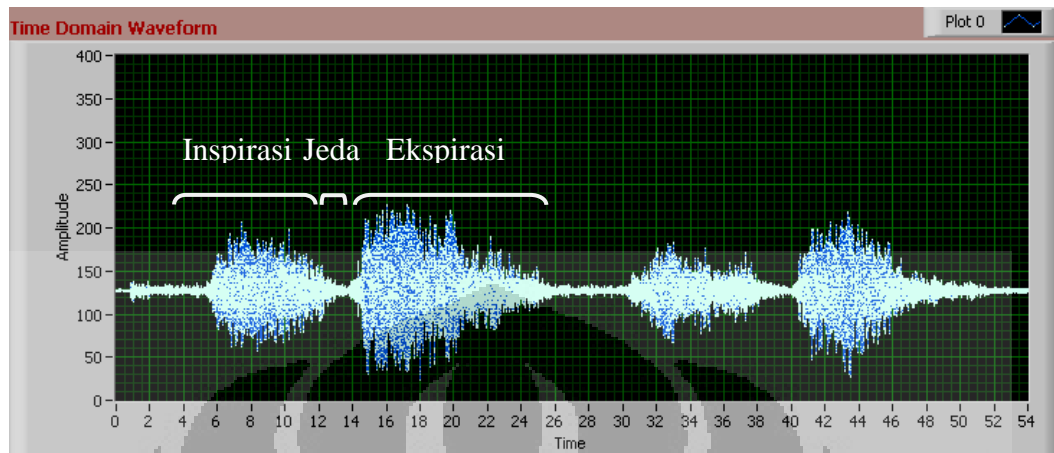


Gambar 2.1 Hubungan antara *breath sound*, *anventitious sound* dan *lung sounds* dan *respiratory sounds*.

Pada paru-paru manusia mengeluarkan suara akibat adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan. Turbulensi ini terjadi akibat udara mengalir dari saluran paru-paru yang lebih lebar ke saluran yang lebih sempit.

Pada proses pernafasan dibagi dua bagian proses yaitu proses inspirasi yaitu ketika kita menghirup udara kedalam paru-paru dan proses ekspirasi yaitu saat kita mengeluarkan udara dari paru-paru. Pada proses inspirasi suara paru-paru yang akan terdengar akan lebih kuat dari pada pada proses ekspirasi. Hal ini diakibatkan karena turbulensi udara saat proses inspirasi lebih kuat dibandingkan

dengan proses ekspirasi. Tetapi durasi waktu untuk ekspirasi lebih panjang dari proses inspirasi.



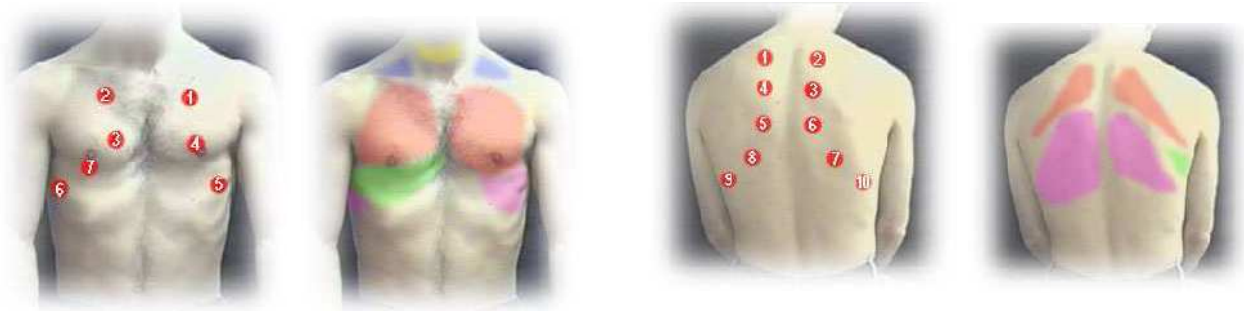
Gambar 2.2 Sinyal Suara Paru-Paru pada Proses Inspirasi dan Ekspirasi

Dalam pernafasan normal ada standar waktu lamanya proses inspirasi dan ekspirasi. Apabila suara ekspirasi lebih kuat dari inspirasi maka ini bisa tergantung dimana proses auskultasi dilakukan.

## 2.2 Proses Auskultasi

Proses auskultasi (*auscultation*) merupakan suatu hal yang penting karena membutuhkan teknik yang efektif dan klinis yang akan dipelajari untuk mengevaluasi fungsi pernafasan seorang pasien (Yossii Chiharu, Masamitsu Kido, 2000. [3]). Sebelum memulai sebuah proses auskultasi, ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan agar seperti ruangan sekitar yang senyap dan pasien harus berada dalam posisi bebas untuk bernafas.

Pada *gambar 2.3* dapat dilihat posisi untuk askultasi, Selama proses auskultasi berlangsung pasien harus tidak berbicara dan harus menarik nafas dalam-dalam melalui mulut. Kita harus mencari posisi yang tepat untuk mendengarkan suara paru-paru yang sebenarnya. Dengan menguji pada kedua bagian paru-paru yaitu pada *right apex* dan *left apex* dan juga bagian punggung (*posterior*) dan bagian dada (*interior*).



Gambar 2.3 Posisi Stetoskop Dalam Proses Auskultasi

Pengamatan yang berulang-berulang pada posisi yang berubah-ubah karena mungkin saja suara yang didengar bukan suara paru-paru tapi suara *noise* akibat tubuh yang bergerak atau bergeser atau suara dari lingkungan.

### 2.3 Jenis Suara Paru-Paru

Secara umum suara pernafasan akan dibagi tiga kelas sebagai berikut:

Tabel 2.1 Jenis Suara Paru-Paru

Normal	Abnormal	Adventitious
<i>Tracheal</i>	<i>Absent/ decreased</i>	<i>Crackles (Rales)</i>
<i>Vesicular</i>	<i>Bronchial</i>	<i>Wheeze</i>
<i>Bronchial</i>	<i>Harsh Vesicular</i>	<i>Stridor</i>
<i>Bronchovesicular</i>		<i>Rhonchi</i>
		<i>Pleural rub</i>

Di luar dari kelas yang digolongkan pada jenis-jenis suara pernafasan terdapat jenis pernafasan lain yang mengeluarkan suara. Hal ini harus dapat dipertimbangkan karena sering kedengaran saat proses auskultasi. Suara ini merupakan suara yang dapat ditangkap pada bagian dada atau *chest*, tetapi tidak merupakan hal yang dikategorikan sebagai suara paru-paru, seperti contoh sebagai berikut:

- Batuk atau *choughs*
- Gesekan otot saat pernafasan atau *pleural rubs*

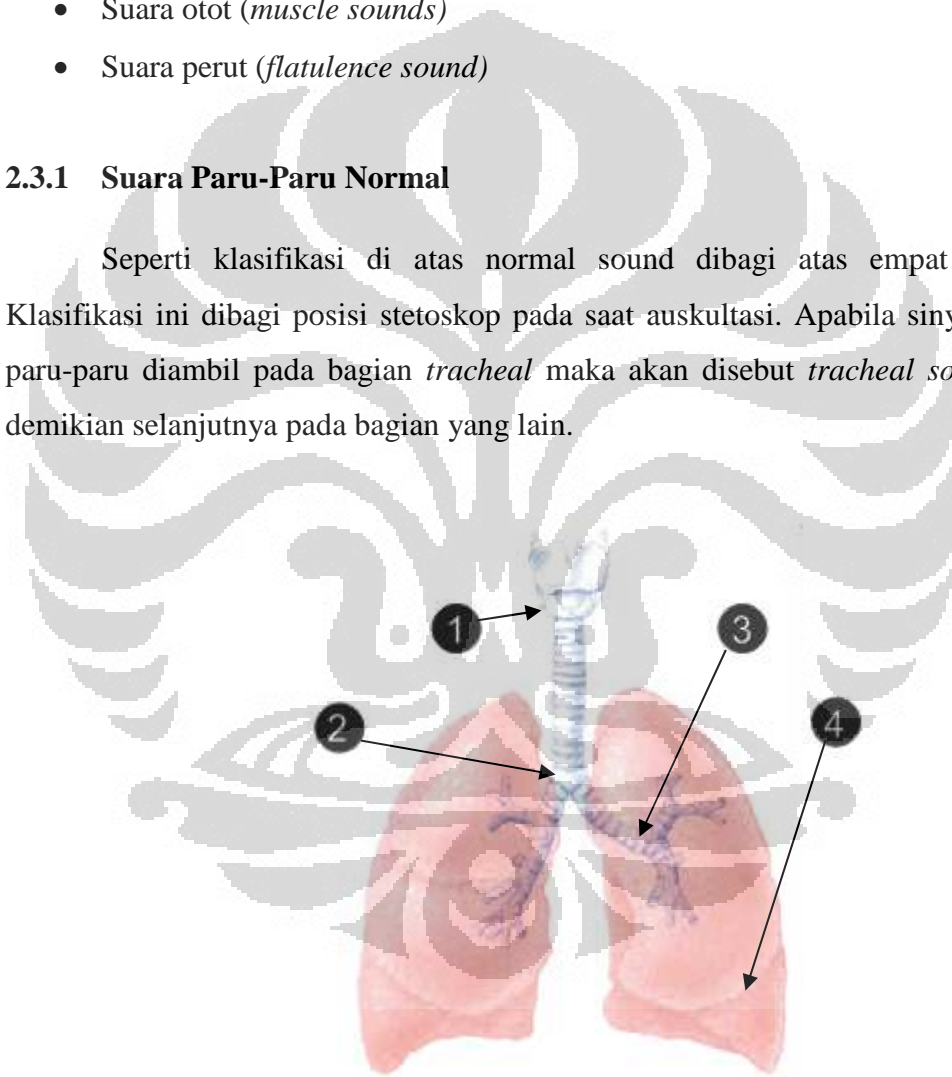
- Dengkur atau *snores*

Saat proses auskultasi maka nada suara selain dari suara pernafasan yang akan didengar atau sering disebut *non-respiratory chest sound*. Dalam hal ini suara ini akan disebut *noise*, seperti contoh:

- Suara jantung (*heart sounds*)
- Suara vokal (*vocal sounds*)
- Suara otot (*muscle sounds*)
- Suara perut (*flatulence sound*)

### 2.3.1 Suara Paru-Paru Normal

Seperti klasifikasi di atas normal sound dibagi atas empat bagian, Klasifikasi ini dibagi posisi stetoskop pada saat auskultasi. Apabila sinyal suara paru-paru diambil pada bagian *tracheal* maka akan disebut *tracheal sound* dan demikian selanjutnya pada bagian yang lain.







Gambar 2.4 Kategori Suara Paru-Paru Normal Berdasar Posisi Auskultasi

Berikut pembagian dari suara normal:

1. *Tracheal Sound*, merupakan suara pada bagian larik dan pangkal leher
2. *Bronchial Sound*, suara pada bagian percabangan antara paru-paru kanan dan paru-paru .
3. *Bronchovesicular*, suara pada bagian ronchus tepat pada bagian tengah dada sebelah kiri atau kanan.
4. *Vesicular*, merupakan suara yang didengar pada dada samping dan dada dekat bagian perut

Suara paru-paru pada masing-masing kategori normal mempunyai ciri intensitas dan pitch pada saat proses inspirasi. Biasanya disimbolkan dengan dua garis, yaitu garis pertama sebagai simbol inspirasi dan garis berikut sebagai simbol ekspirasi. Sudut lancip di antara dua garis merupakan simbol ketinggian nada atau *pitch* dan ketebalan garis sebagai simbol intensitas. Berikut merupakan tabel penggolongan suara normal paru-paru.

Tabel 2.2 Kategori Suara Paru-Paru Normal

Kategori	Simbol	Intensitas	Pitch	Lokasi
Vesicular		Lembut ( <i>soft</i> )	Rendah ( <i>low</i> )	Pada sisi dada dan perbatasan perut dan dada
Bronchovesicular		Cukup Kedengaran ( <i>intermediate</i> )	Sedang ( <i>Intermediate</i> )	Antara dada kiri dan kanan
Bronchial		Keras ( <i>loud</i> )	Relatif tinggi ( <i>high</i> )	Pada keseluruhan bagian tengah dada
Tracheal		Sangat keras ( <i>very loud</i> )	Tinggi ( <i>high</i> )	Pada daerah trakea

### 2.3.2 Suara Paru-Paru Abnormal

Penyakit paru-paru merupakan suara penafasan tidak tergolong pada kelas normal atau yang tergolong pada kelas Abnormal dan kelas Adventitious. Dalam penelitian ini akan dibahas macam-macam kategori suara paru-paru bukan penyakit paru. Hal ini telah dibahas pada pembatasan masalah.

Ketika normal sound terdengar pada tempat yang tidak semestinya pada bagian posterior dan interior pada proses auskultasi maka suara itu digolongkan pada suara abnormal atau adventitious. Bagian dari suara abnormal seperti contoh berikut:

#### 1. *Absent* atau *Decreased Breath Sound*

Adakalanya suara paru-paru tidak kedengaran pada bagian dada, atau suara menghilang. Hal ini bisa berarti ada penyakit berupa daging yang tumbuh hingga paru-paru mengecil atau *pulmonary*.

#### 2. *Bronchial*

Ciri utama dari *brochial* adanya suaranya bergema. Ada celah antara fase inspirasi dan ekspirasi

#### 3. *Harsh Vesicular*

Vesicular normal merupakan suara paru-paru dengan intensitas *soft* dan *pitch* rendah atau *low*. Apabila suara terdengar lebih kuat dari biasanya bisa berarti abnormal sound dan dapat digolongkan sebagai *harsh vesicular*.

### 2.3.3 Suara Paru-Paru Adventitious

#### 1) Crackles

Crackles merupakan jenis suara yang *discontinuous*, suara terlebih dahulu umumnya lebih sering terdengar pada proses inspirasi

Sinonim: *crepitation, rales*

Dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

- *Fine* (*pitch* yang tinggi)



- *Coarse* (*pitch* yang rendah)

*Crackles* dihasilkan akibat dua proses mekanisme umum yang terjadi

- Ketika saluran udara sempit, hamper tertutup tiba-tiba terbuka, sama seperti saat bibir yang dibasahi tiba-tiba dibuka, maka akan terdengar suara 'plop'. Ketika ini terjadi di terminal *bronchioles* maka akan tercipta *fine crackles*.
- Kejadian lain ketika gelembung udara keluar pada *pulmonary edema*

Akibat dari *crackles* maka akan tercipta penyakit yang kita kenal sebagai berikut:

- *Bronchiectasis*
- *Pulmonary edema*
- *ARDS*
- *Consolidation*
- *Fibrosis*
- *Asthma*
- *Chronic bronchitis*
- *Interstitial lung disease*

## 2) Wheezes

Wheezes digolongkan sebagai suara yang *continuous*, sering lebih terdengar pada proses ekspirasi. Ini dihasilkan ketika udara mengalir diantara dinding pernafasan yang luka atau membengkak. *Wheeze* menyerupai suara alat musik violin.

Ada dua macam *wheeze* yaitu

- Monopnik, terjadi akibat hanya ada satu saluran udara, sering terjadi saat tumor menekan dinding *bronchioles*.
- Polipnik, akibat *obstruction airways*, yaitu bermacam-macam lekukan hambatan saat proses ekspirasi.

Wheezes yang terdengar akan menandakan peak ekspirasi yang 50% lebih rendah dibanding pernafasan normal. Kadang kala rhonchi dijadikan sinonim lain dari wheeze, tetapi juga mempunyai hal yang berbeda (Pasterkamp, Hans, 1997 [8]).

### 3) Rhonchi

*Ronchi* merupakan suara *continuous pitch* rendah sama halnya dengan wheezes. Tetapi dalam ronchi jalan udara lebih besar, atau sering disebut '*coarse rattling sound*'

### 4) Stridor

*Stridor* merupakan suara berisik yang terdengar keras pada daerah trakea saat proses inspirasi. *Stridor* merupakan indikasi luka pada trakea atau laring sehingga pertolongan medis sangat dianjurkan dengan segera.

### 5) Pleural Rub

*Pleural rub* merupakan suara pecah yang dihasilkan ketika pleural atau permukaan membran tenggorokan menjadi kasar dan saling mengesek satu sama lain. Suara dihasilkan diantara dua permukaan. Suara bisa jadi *continuous* dan *discontinuous* dan terjadi saat proses inspirasi dan ekspirasi.

Pleural rub menyebabkan penyakit yang kita kenal, seperti contoh:

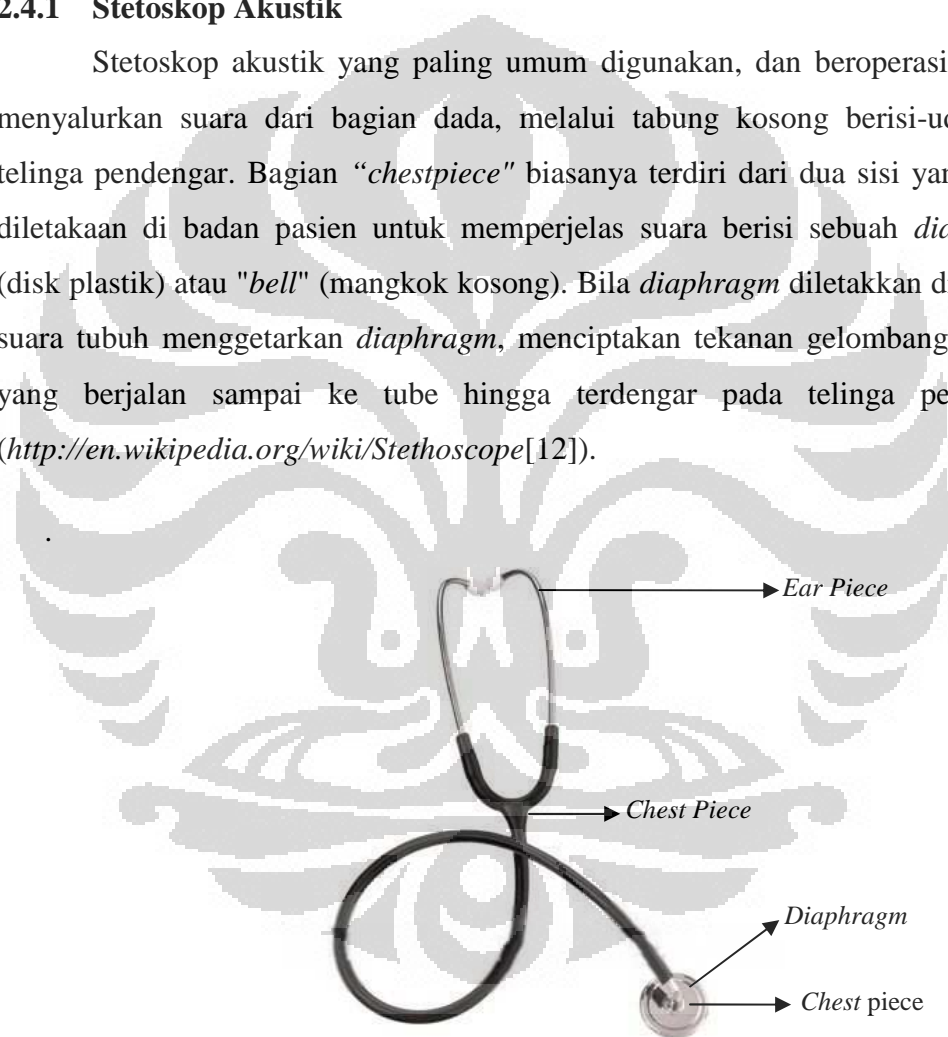
- *Pleuritis*
- *Pleural effusion* akibat cairan yang mengisi paru-paru
- *Pneumothorax*

## 2.4 Perangkat Keras

Sinyal analog suara paru-paru akan diakuisisi dalam bentuk digital. Perangkat keras yang digunakan untuk akuisisi sinyal suara paru-paru berupa stetoskop, analog filter, electrets mikropon, power supply  $\pm 5V$ , dan komputer soundcard.

### 2.4.1 Stetoskop Akustik

Stetoskop akustik yang paling umum digunakan, dan beroperasi dengan menyalurkan suara dari bagian dada, melalui tabung kosong berisi-udara, ke telinga pendengar. Bagian "*chestpiece*" biasanya terdiri dari dua sisi yang dapat diletakaan di badan pasien untuk memperjelas suara berisi sebuah *diaphragm* (disk plastik) atau "*bell*" (mangkok kosong). Bila *diaphragm* diletakkan di pasien, suara tubuh menggetarkan *diaphragm*, menciptakan tekanan gelombang akustik yang berjalan sampai ke tube hingga terdengar pada telinga pendengar (<http://en.wikipedia.org/wiki/Stethoscope>[12]).



Gambar 2.5 Stetoskop Akustik

### 2.4.2 Electrets Condenser Microphone

Merupakan sebuah transduser dimana sinyal suara yang menyebabkan diaphragm yang terbuat dari material elektrik yang membuat sinyal listrik juga berubah-ubah diantara elektrode metal.

Dengan referensi beberapa riset sebelumnya bahwa suara paru-paru terutama fokus pada suara paru-paru *adventitious* terletak pada range 100 -2000 Hz dan abnormal breath sound pada range 600-1000 Hz di bagian dada posterior. (*European Respiratory Review, Sovijarvi, A.R.A, 2000* [1]). Maka diperlukan mikrofon yang sesuai dengan spesifikasi tersebut. Dalam hal ini penulis menggunakan stetoskop dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.3 Spesifikasi Electrets Condenser Tipe Weston Super Professional Microphone MM-701

	Frequency Response	100 Hz - 20000 Hz
	Dynamic Range (Typical)	Greater than 180 dB
	Signal-to-Noise Ratio	62 dB @ 1kHz
	Maximum Input Sound Level	122
	Power Requirements	Mike Gets its Power From The Battery 5V
	Impedance	100 Ohms +/-20% (1 kHz)
	Balanced Dimensions	59 x .34" (14.5 x 8.5mm)
	L xW	
	Weight	0.07 oz. (2.0 g)

Pada stetoskop akustik bagian *earpiece*-nya akan dihilangkan dan disambungkan dengan *electrets condenser microphone* pada ujung *plastic tube* stetoskop. Pada daerah persambungan diupayakan agar kedap udara, dengan tujuan agar *noise* berupa suara dari udara luar tidak masuk ke dalam tabung stetoskop.

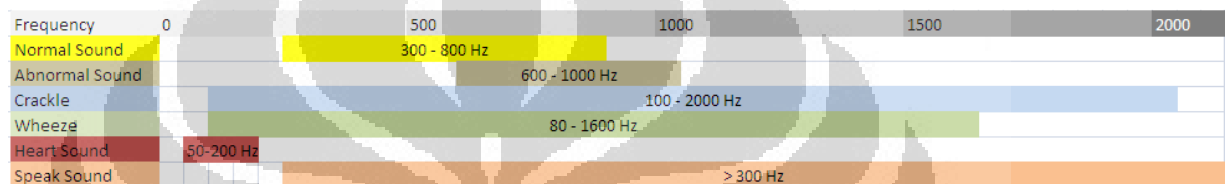
### 2.4.3 Low Pass Filter Suara Paru-Paru

Seperti yang telah di bahas di bab sebelumnya bahwa suara paru-paru terutama fokus pada suara paru-paru *adventitious* terletak pada range 100 -2000

Hz dan abnormal breath sound pada range 600-1000 Hz di bagian dada posterior. (*European Respiratory Review, Sovijarvi, A.R.A, 2000 [1]*).

Namun sinyal paru-paru, suara lingkungan, suara perut dan otos (muscle) dan suara jantung dan merupakan suara yang ditangkap dalam proses auskultasi. Sinyal suara jantung yang berada pada range frekuensi 20-100Hz dan suara lingkungan yang biasanya lebih besar dari 2000 Hz juga merupakan sebuah noise yang harus difilter untuk mendapatkan sinyal suara paru-paru yang sebenarnya.

Table 2.3 Range Frekuensi Sinyal Suara Pada Saat Auskultasi (*European Respiratory Review, Ara Sovijarvi 2000 [1]*)




Dalam perancangan sistem instrumentasi ini penulis menggunakan filter analog berupa low pass filter untuk menghilangkan sinyal suara di atas 2000 Hz. Dan filter digital dengan pemrograman LabView dengan band pass filter untuk menghilangkan suara jantung pada range 50-200 Hz

#### 2.4.4 Akuisisi Data dengan SoundCard

Proses akuisisi data adalah suatu proses dimana data analog yang didapat dalam suatu pengukuran dapat dikonversikan, selanjutnya melalui proses pengolahan sinyal dapat ditampilkan kedalam bentuk data digital. Perangkat yang dipakai adalah soundcard komputer dengan tiga *line* yaitu *line-in*, *line-out* dan *microphone*.

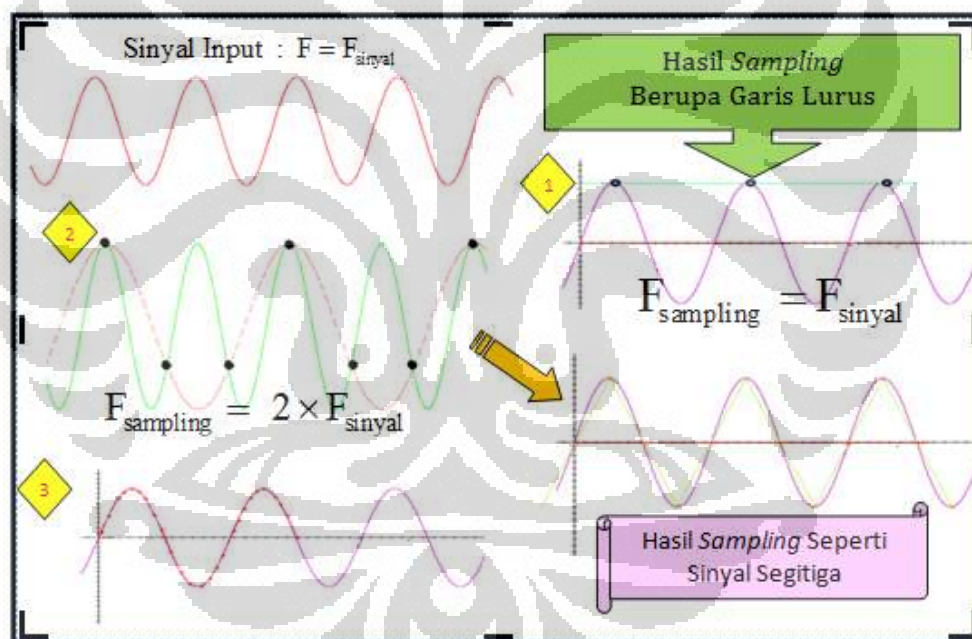
Tabel 2.3 Spesifikasi SoundCard PCI Creative Sound Blaster 5.1 VX

	PC Conectivity	PCI Slot v2.2 or Higher on PC Desktop (32 Bit Interface)
	Audio Connectivity	Line-Out (front / rear / center / subwoofer) Line-In / Mic-In
	Playback	24-Bit/96kHz up to 5.1
	Recording	24-bit/96kHz
	Audio Channel Support	2.1 / 5.1 Speakers System Support
	Operating System Support	PC with Microsoft Windows XP and Vista

### 2.4.5 Proses *Sampling*

Proses *sampling* merupakan pengambilan suatu sinyal analog menjadi sinyal diskret. Proses ini dilakukan melalui *switch* pada ADC. Frekuensi yang digunakan agar *switch* dapat terbuka atau tutup disebut sebagai frekuensi *sampling*. Semakin besar frekuensi *sampling*, jumlah data dalam selang waktu yang sama akan semakin banyak sehingga dihasilkan representasi sinyal yang lebih baik lagi (A Lynn, Paul, 1982 [3]).

Teori Nyquist menyatakan, frekuensi minimum yang dapat diberikan adalah minimal 2 kali dari frekuensi sinyal yang akan di-*sampling*. Apabila diberikan frekuensi *sampling* kurang dari 2 kalinya, menyebabkan kesalahan pembacaan frekuensinya, hal ini dikenal dengan istilah *aliasing* (Cheetham B.G.M [5]).



Gambar 2.6 Respon sinyal sesuai Teori Nyquist

## 2.5 Pengolahan Data Digital

Setelah diperoleh data digital dengan akusisi data, selanjutnya adalah mengolah data tersebut untuk keperluan analisa suatu grafik yang diperoleh, respon frekuensi atau analisa lainnya. Pada program ini, akan ditampilkan data berupa frekuensi, fase dan amplitudo yang terdeteksi dari suatu sinyal sistem.

### 2.5.1 Fourier Transform (FT)

Transformasi Fourier merupakan salah satu contoh dari beberapa cara matematika yang berguna dalam analisis suatu masalah analisa sinyal. Penyajian sinyal ini pada dasarnya meliputi dekomposisi sinyal dari segi komponen sinusoidal (atau eksponensial kompleks). Dengan dekomposisi seperti itu, suatu sinyal dikatakan akan disajikan dalam domain frekuensi.

Sebagian besar sinyal untuk tujuan praktis dapat dipisahkan menjadi sejumlah komponen sinyal sinusoidal. Untuk golongan sinyal periodik, dekomposisi seperti itu dinamakan deret Fourier. Untuk golongan energi berhingga, dekomposisinya dinamakan Transformasi Fourier (A Lynn, Paul, 1982 [2]). Analisis frekuensi sinyal aperiodik waktu kontinu dapat dinyatakan dengan pasangan transformasi Fourier berikut:

Persamaan analisis transformasi langsung

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-j\omega t} dt \quad (2.1)$$

$X(f)$  merupakan notasi dalam domain frekuensi. Dan hasil kebalikannya dinamakan inversnya dinyatakan dengan persamaan

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{j\omega t} df \quad (2.2)$$

Himpunan kondisi yang menjamin eksistensi transformasi Fourier adalah kondisi Dirichlet, yang dapat dinyatakan sebagai:

1. Sinyal  $x(t)$  mempunyai jumlah berhingga dari diskontinuitas berhingga
2. Sinyal  $x(t)$  mempunyai jumlah berhingga dari maksimal dan minimal
3. Sinyal  $x(t)$  dapat diintegrasikan secara absolut, yakni:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |x(t)| dt < \infty \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk waktu yang diskrit dapat dinyatakan dengan analisis frekuensi sinyal aperiodik waktu diskrit:

Persamaan analisis Transformasi langsung waktu diskrit

$$X(\omega) = \sum_{n=-N}^{\infty} x(n) e^{-j\omega n} \quad (2.4)$$

Persamaan sintesis Transformasi invers waktu diskrit

$$x(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) \cdot e^{j\omega n} d\omega \quad (2.5)$$

### 2.5.2 Short Time Fourier Transform (STFT)

Hanya sedikit perbedaan antara FT dan STFT. Dalam STFT sinyal dibagi-bagi atas segmen yang cukup kecil. Dengan penambahan fungsi *window* “w” diperlukan. Dengan metode *sifting window* dari mulai  $t_0$  hingga  $t_1$ , dengan persamaan sebagai berikut:

$$STFT_X^\omega(t, f) = \int_t [x(t) \cdot w^*(t - t')] \cdot e^{-j\omega t} dt \quad (2.6)$$

Dengan :  $x(t)$  merupakan sinyal itu sendiri,  
 $w(t)$  merupakan fungsi window,  
 dan  $*$  merupakan kompleks conjugate

Pada transformasi fourier kita mengetahui nilai dari suatu sinyal pada waktu yang konstan. sehingga resolusi frekuensi ada di transformasi fourier, tapi resolusi waktu tidak ada. Sesuatu bisa memberikan resolusi frekuensi yang tepat pada transformasi fourier adalah fungsi window yang digunakan. Fungsi dari  $e^{j\omega t}$  dari waktu minus tak terhingga sampai tak terhingga. Sedangkan dalam STFT, *window* kita ada dalam finite area. Sehingga kita tidak akan mendapatkan resolusi frekuensi yang tepat dengan waktu yang pendek atau short time (Yi, Gina Ann. 2004 [6]).

Fungsi dari window kita menggunakan fungsi simple dari Gaussian dengan bentuk:

$$w(t) = e^{-\frac{a \cdot t^2}{2}} \quad (2.7)$$

Dimana  $a$  merupakan panjang dari *window* dan  $t$  merupakan waktu

### 2.5.3 Wavelet Transform

Kebutuhan akan resolusi tinggi dalam analisis sinyal-sinyal non-stasioner atau sinyal yang selalu berubah-ubah terhadap waktu menyebabkan banyaknya metode yang digunakan untuk menganalisa sinyal non-stasioner tersebut. Metoda



wavelet merupakan salah satu metoda yang digunakan dalam menganalisa sinyal stasioner tersebut. Metode wavelet sendiri dapat digunakan untuk menapis data dan meningkatkan mutu kualitas data. Wavelet juga dapat mengkompres data dan mendeteksi kejadian-kejadian tertentu pada data *non-stasioner*. Berkaitan dengan kemampuan wavelet untuk memisahkan berbagai macam karakteristik pada berbagai skala (Jurado, Francesco 2002 [9])

Konsep wavelet dirumuskan sejak awal tahun 1980-an oleh beberapa ilmuwan seperti Morlet, Grossmann, Daubechies, dan lain-lain. Sejak ditemukan wavelet kemudian dikembangkan dalam beberapa area disiplin ilmu dan banyak aplikasinya. Wavelet banyak digunakan pada bidang pemrosesan citra, matematika, analisa data numeric, dan data geofisika.

Sifat terpenting dari wavelet adalah lokalisasi waktu-frekuensi (*time frequency localization*). Sehingga analisis dengan metoda wavelet dapat menyajikan sinyal secara detil, local sesuai dengan skalanya. Jadi penyajian data dengan pada wavelet dilakukan dengan cara ekspans sampai tak-berhingga dari wavelet yang diulur atau dilated dan digeser atau translated (Kumar dan Foufoula-Georgiu, 1994). Seperti yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$CWT_x^\psi(\tau, s) = \Psi_x^\psi(\tau, s) = \int x(t) \cdot \psi_{\tau, s}^*(t) dt \quad (2.8)$$

dimana fungsi dari  $\psi_{\tau, s}$ , merupakan fungsi dari mother wavelet.

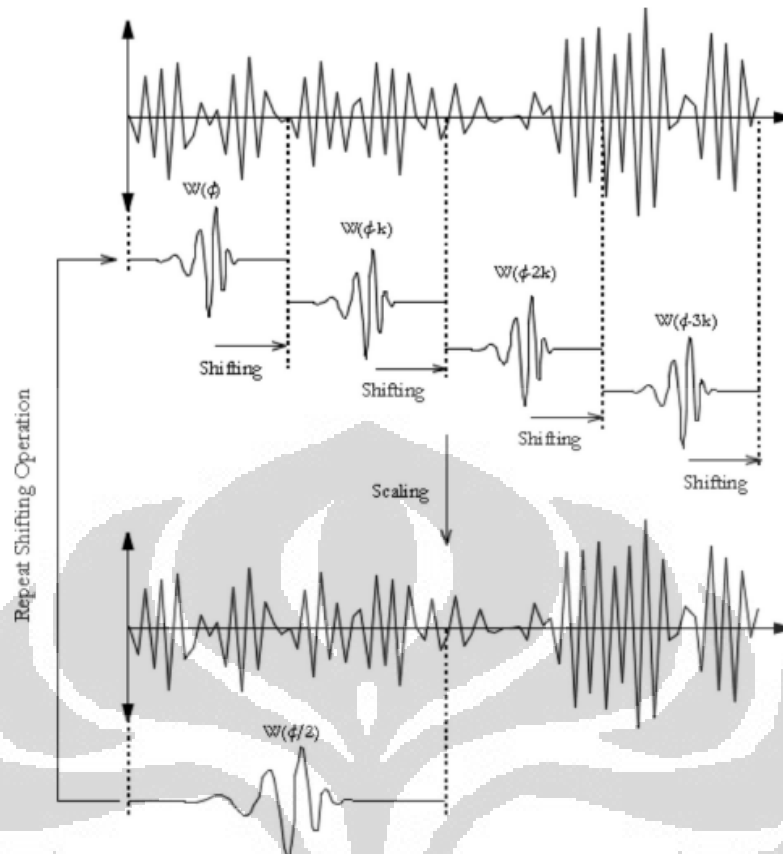
$$\psi_{\tau, s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (2.9)$$

Sehingga persamaan dari continuous wavelet dapat dituliskan sebagai berikut:

$$CWT_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t) \cdot x(t) \psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (2.10)$$

dengan  $\tau$  : fungsi translasi,

$s$  : fungsi skala



Gambar 2.7 Proses Scaling dan Sifting Pada Wavelet

Interpretasi dari persamaan di atas, semisal sinyal  $x(t)$  akan dianalisa. *Mother wavelet* akan dipilih untuk menyediakan sebagai *prototype* untuk semua proses window. Semua window akan *dilated* atau dikompres dan akan diubah pada versi berikutnya dari wavelet, akan ada beberapa fungsi yang akan digunakan pada proses ini.

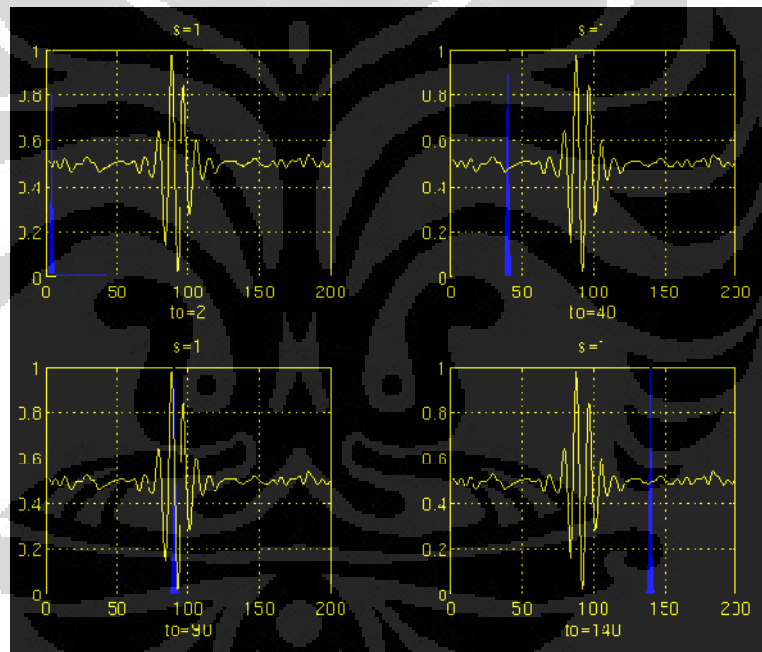
Ketika mother wavelet dipilih pada perhitungan dimulai dengan skala  $s=1$  dan akan berlanjut CWT akan dihitung pada nilai yang lebih kecil dari 1. Walaupun kadang tergantung dari sinyal untuk menyelesaikan dari seluruh transform tidak perlu dilakukan. Pada nilai pertama ini akan tergantung pada wavelet yang dikompres, Saat nilai  $s$  bertambah maka wavelet akan dilate (mengembang).

Pada awalnya wavelet akan dimulai pada  $s=1$  pada  $time = 0$ , maka sinyal akan dikalikan dan diintegrasikan pada sepanjang waktu. Hasil dari integrasi akan dikalikan dengan angka konstan  $\sqrt{|s|}$ . Perkalian ini untuk normalisasi energi,

sehingga energi akan sama pada setiap skala. Hasil akhir dari transformasi akan bergantung pada titik  $t=\tau$ ,  $s=1$  pada *plane* time-frekuensi. Prosedur ini akan terus diulang hingga wavelet mencapai akhir dari sinyal sehingga satu baris dari point pada skala waktu  $s=1$  selesai

(<http://users.rowan.edu/~polikar/wavelets/wttutorial.html> [12]).

Saat  $s$  bertambah dengan nilai yang kecil, pada transformasi continuous kedua tau  $\tau$  dan  $s$  harusnya bertambah juga secara terus-menerus. Transformasi dihitung oleh komputer, dengan nilai *step small sufficient* pada setiap *time-scale plane*. Proses dilasi dan translasi terdapat pada fungsi “*mother wavelet*” yang menghitung nilai koefisiennya pada setiap segmen. Seperti yang diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar2.8 Proses Scanning pada Wavelet Skala Kecil

Nilai tau  $\tau$  yang berbeda pada keempat wavelet. Keempatnya merupakan pucuk dari gambar sebelumnya. Nilai  $s=1$  pada skala paling rendah dan frekuensi tertinggi.

Nilai biru merupakan pendekatan nilai frekuensi tertinggi pada sinyal. Yaitu pada  $t_0=2$ ,  $t_0=40$ ,  $t_0=90$ ,  $t_0=140$ . Product of nonzero hanya ketika sinyal jatuh pada support region dan itu zero setiap tempat. Dengan menggeser wavelet

dalam waktu, sinyal akan dilokalisasi dalam waktu, dan dengan mengubah nilai  $s$  akan lokalisasi dari frekuensi.

Seperti yang telah disebutkan diatas *mother wavelet* mengitung nilai koefisien yang bermacam-macam. Berikut ini merupakan contoh dari keluarga *mother wavelet*:

Tabel 2.4 Contoh Jenis Keluarga Wavelet

Keluarga Wavelet	Wavelet
<i>Daubechies</i>	'db1' or 'haar', 'db2' ... 'db10', 'db45'.
<i>Coiflets</i>	'coif1', ..., 'coif5'
<i>Symlets</i>	'sym2', ..., 'sym8', ..., 'sym45'
<i>Discrete Meyer</i>	'dmey'
<i>Biorthogonal</i>	'bior1.1', 'bior1.3', 'bior1.5' 'bior2.2', 'bior2.4', 'bior2.6', 'bior2.8' 'bior3.1', 'bior3.3', 'bior3.5', 'bior3.7' 'bior3.9', 'bior4.4', 'bior5.5', 'bior6.8'

Wavelet merupakan fungsi matematik yang membagi-bagi data menjadi beberapa komponen frekuensi yang berbeda-beda, kemudian dilakukan analisis untuk masing-masing komponen menggunakan resolusi yang sesuai dengan skalanya (Graps, 1995). Kepentingan penggunaan wavelet in berdasarkan fakta dengan transformasi wavelet akan diperoleh solusi waktu yang lebih baik dari pada metode-metode lainnya seperti *Fourier Transform* (FT) dan *Short Time Fourier Transform* (STFT).

## 2.6 LabView Advance Signal Processing Toolkit

Toolkit Advance Signal Processing yang digunakan dalam LabView 8.6 merupakan tools untuk pengolahan sinyal tingkat lanjut. Terdapat tiga fitur tambahan dalam toolkit ini, yaitu:

1. Time Frequency Analysis
2. Time Series Analysis
3. Wavelet Analysis

Dalam pengolahan sinyal suara paru-paru dikhususkan pada analisis yang menyediakan spectral warna untuk pengamatan. Dalam hal ini penulis menggunakan FFT, STFT dan Wavelet.

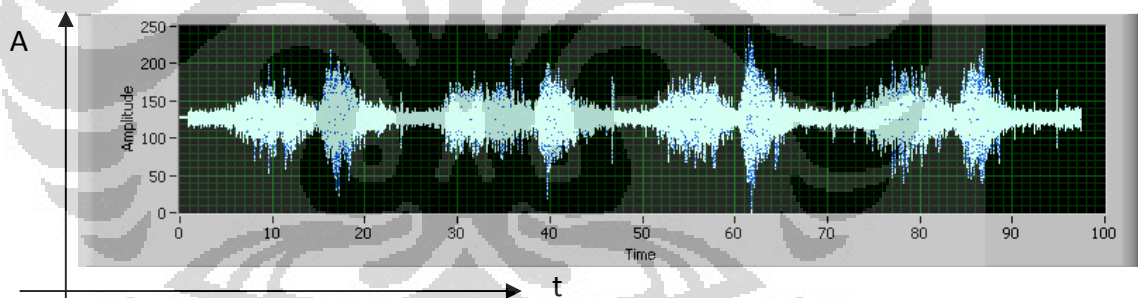


Gambar 2.9 Analisis yang Tersedia Dalam Advance Signal Processing Toolkit Dalam LabView

### 2.6.1 Time Domain Waveform

Kebanyakan sinyal adalah dalam bentuk dimensi waktu (time domain), contoh beragam bentuk sinyal dalam waktu tertentu. Biasanya kita butuh dua aksis untuk informasi amplitude pada setiap waktu yang bertambah.

Representasi sinyal time domain sering juga dinamakan Representasi sinyal Time-Amplitude. Seperti pada gambar dibawah ini:



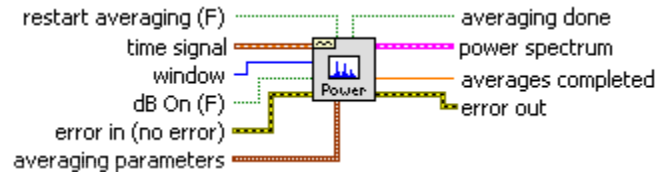
Gambar 2.10 Time Domain Signal

### 2.6.2 FFT RMS dan Power Spectrum

Pengolahan data domain waktu menjadi data pada domain frekuensi dilakukan dengan sistem transformasi Fourier (FFT). Pada program LabVIEW telah disediakan bagaimana sinyal domain waktu dapat ditransformasikan menjadi sinyal dalam domain frekuensi dengan menggunakan VI yang dinamakan *FFT Power Spectrum*.

Proses *window* merupakan proses pemotongan sinyal domain waktu hasil *sampling* dengan fungsi gelombang domain waktu yang lain, yang dikenal dengan

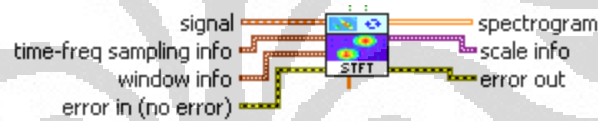
*window*. Amplitudo dari fungsi *window* ini menuju nol secara perlahan pada ujung-ujung batas *sampling*, sehingga terlihat spektrum suatu sinyal hanya seperti garis tegak dalam domain frekuensi.



Gambar 2.11 FFT Power Spectrum vi dalam LabView

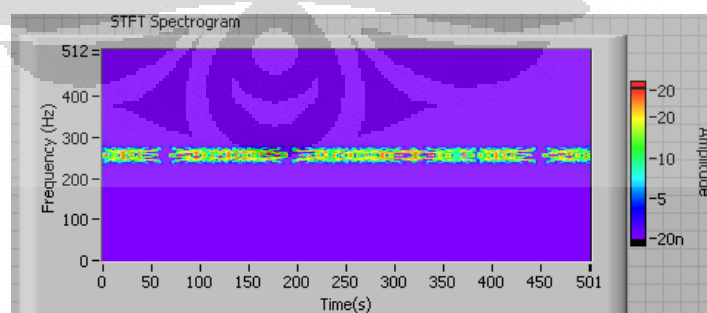
### 2.6.3 STFT Spectrogram

Dalam STFT Spectrogram sinyal domain waktu akan diubah dengan spectral warna yang berbeda beda dengan nilai amplitudo sinyal. Dengan metode scanning window dalam waktu yang pendek akan mendapatkan resolusi warna yang lebih baik.



Gambar 2.12 STFT Spectrogram vi dalam LabView

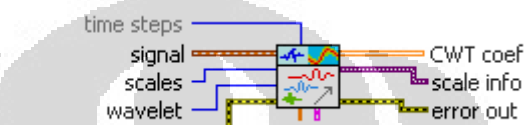
Dalam menganalisa sinyal suara paru-paru dapat memakai fungsi window yang tersedia dalam LabView. Berikut ini merupakan contoh hasil spectrogram simulasi sinyal sinusoidal 300 Hz.



Gambar 2.13 STFT Spectrogram Sinyal Sinusoidal 300 Hz dalam LabView

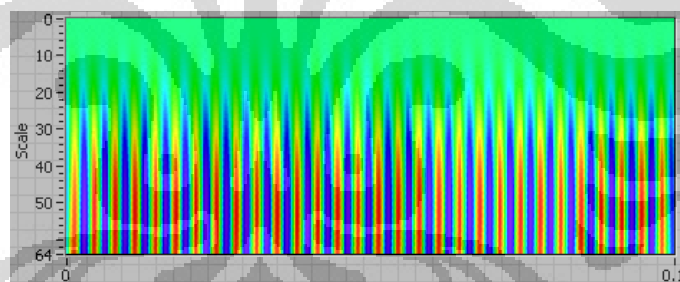
### 2.6.4 Wavelet Scalogram

Dalam wavelet representasi sinyal dalam wavelet dalam spectral warna dinamakan scalogram. Dinamakan scalogram karena fungsi aksis dalam wavelet dinyatakan dengan skala. Sinyal dalam domain waktu akan diubah menjadi koefisien-koefisien wavelet. Koefisien wavelet sendiri merupakan lokalisasi lokalisasi waktu-frekuensi (*time frequency localization*). Sehingga analisis dengan metoda wavelet dapat menyajikan sinyal secara detil, lokal sesuai dengan skalanya.



Gambar 2.14 Fungsi Wavelet Scalogram dalam LabView

Dalam menganalisa sinyal suara paru-paru dapat memakai fungsi mother wavelet yang tersedia dalam LabView. Berikut ini merupakan contoh hasil scalogram simulasi sinyal sinusoidal 300 Hz.



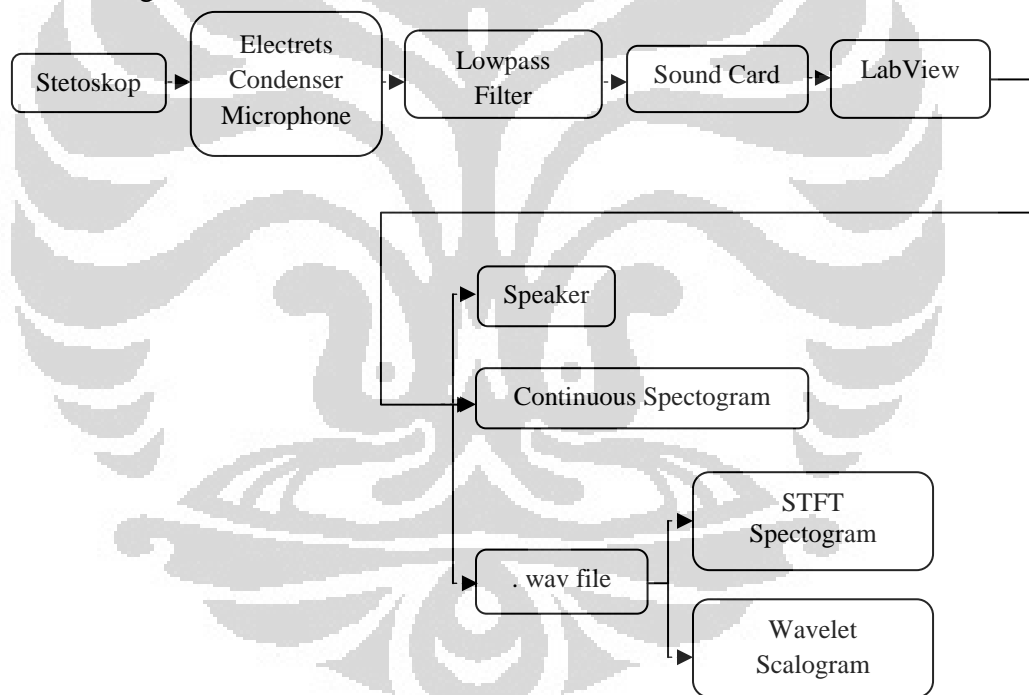
Gambar 2.15 Display Wavelet Scalogram Sinyal Sinusoidal 300 Hz dalam LabView

## BAB 3

### PERANCANGAN SISTEM

Sinyal paru-paru merupakan sinyal suara yang terdapat pada bagian dada. Maka dibutuhkan sebuah stetoskop untuk mengumpulkan intensitas suara paru-paru. Untuk mendapatkan sinyal suara paru-paru yang terletak pada frekuensi yang cukup kecil yaitu di bawah 2000 Hz, maka dibutuhkan perangkat keras dengan baik. Electret microphone dengan spesifikasi yang bagus juga diperlukan agar dapat menangkap pada range frekuensi tersebut.

Sistem yang dibuat dimulai dari rancangan stetoskop untuk auskultasi, filtering, sinyal analisis dan penyajian data. Perancangan sistem yang dibuat adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Alur Diagram Perancangan Sistem

#### 3.1 Stetoskop dan Electret Condenser Microphone

Rancangan sistem auskultasi yang dirancang dengan menggabungkan electrets condenser dengan stetoskop dengan memotong bagian *earpiece* nya. Dengan mempertahankan sebisa mungkin sambungan tetap kedap udara agar tidak ada noise berupa sinyal suara dari luar masuk ke tabung stetoskop.

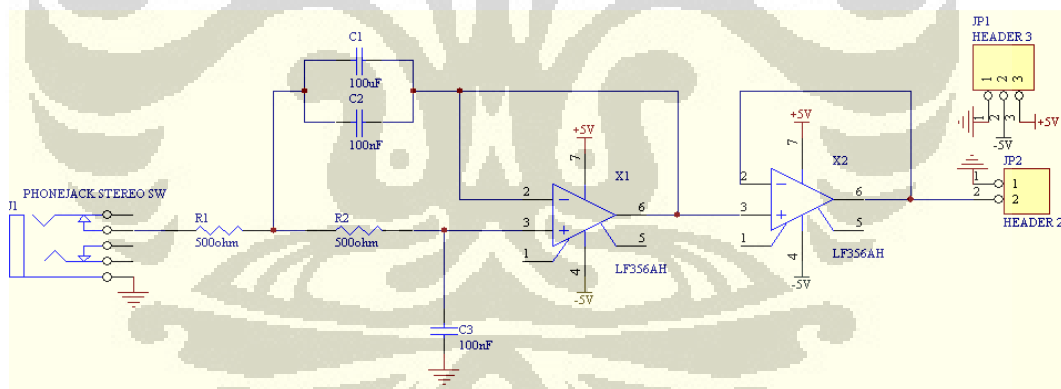




Gambar 3.2 Sambungan Electret Condenser Microphone dengan Stetoskop

### 3.2 Rangkaian Low Pass Filter

Desain low pass filter menggunakan IC Single Op amp LF356 dengan dual supply. Berikut merupakan rangkaian yang dibuat dengan filter jenis gabutterworth dengan orde 2. Rangkaian buffer juga dibuat untuk penguat tegangan tegangan dari sebuah sirkuit pertama

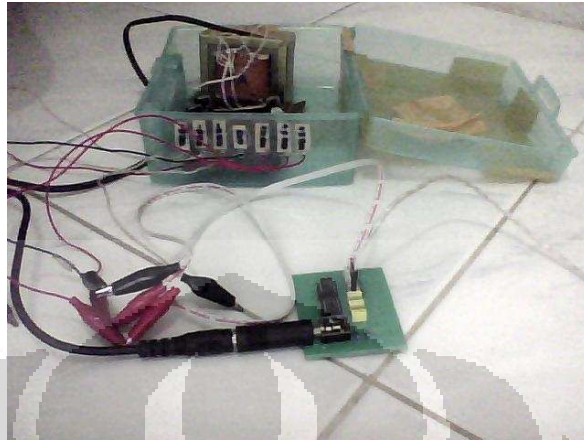


Gambar 3.2 Rangkaian Low Pass Filter Dengan Orde Dua

Karena IC Single Op amp LF356 membutuhkan dual supply  $\pm 5V$ , maka dibutuhkan juga rangkaian power supply yang bisa menyuplai tegangan +5V dan -5V. Prosedur desainnya tahap pertama adalah penentuan nilai kapasitor yang dipilih atau disesuaikan dengan nilai frekuensi yang akan difilter (*Filter Design in Thirty Seconds Texas*, 2001). Nilai resistor akan dihitung dengan contoh perhitungan sebagai berikut:

$$R1 \text{ dan } R2 = \frac{1}{2\sqrt{2} * \pi * C1 * \text{Frequency Cut off}}$$

Nilai dari  $2\sqrt{2}$  merupakan nilai koefisien Butterworth dan C1 merupakan nilai picking kapasitor. Berikut merupakan gambar rangkaian filternya:



Gambar 3.3 Rangkaian Filter Analog Low Pass Filter dengan Rangkaian Power Supply

### 3.1 Perancangan Perangkat Lunak dengan LabView

Pengolahan sinyal suara paru-paru penulis menggunakan software LabView. Dengan lima tabulasi tampilan utama. Setiap tabulasi memiliki fungsi analisis masing masing. Sebagai tampilan utama seperti gambar berikut.



Gambar 3.4 Tampilan Utama Software Analisis Suara Paru-Paru

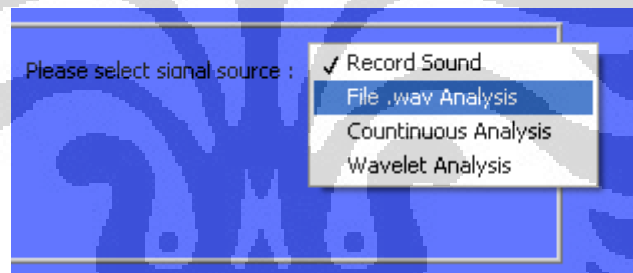
Kelima fungsi tabulasi dapat dirinci sebagai berikut:

1. Title
2. Record Sound
3. Analysis .wav Signal
4. Continuous Spectrogram
5. Compare with Wavelet Sound Explorer

Dengan penjelasan masing-masing fungsi tabulasi dibahas pada sub Bab berikut:

### 3.1.1 Title

Merupakan tampilan utama saat software analisis yang telah dibuat dijalankan. Pada bagian title juga terdapat signal source yang dipilih. *Signal source* akan mengarah pada prosesing sinyal yang dipilih. Berikut merupakan menu pilihan pull down untuk memilih proses yang akan dijalankan.

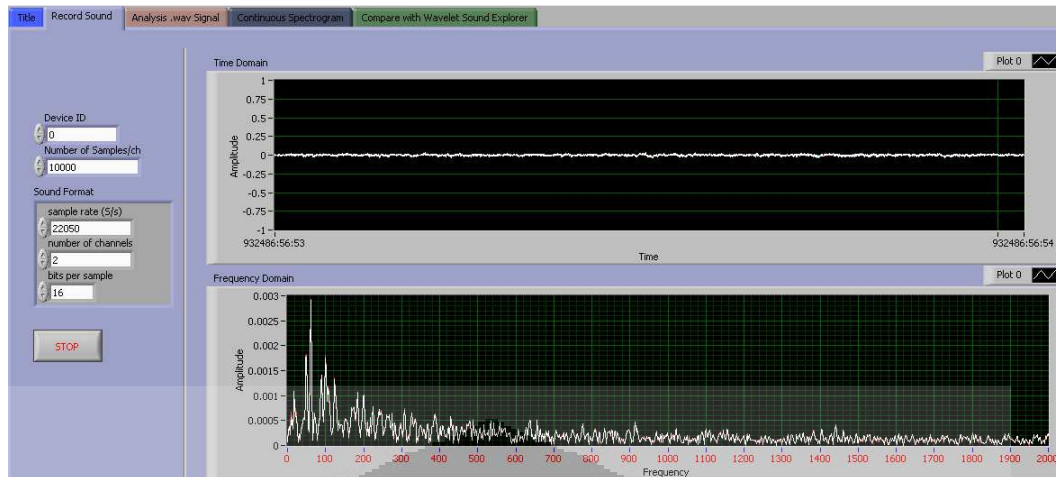


Gambar 3.5 Menu Pull Down untuk Proses Analisis yang Akan Dipilih

Signal source yang dipilih hanya dapat menjalankan satu proses simultan dalam satu waktu. Untuk menukar proses analisa yang diinginkan harus kembali ke menu title dan memilih signal source yang mau dianalisa.

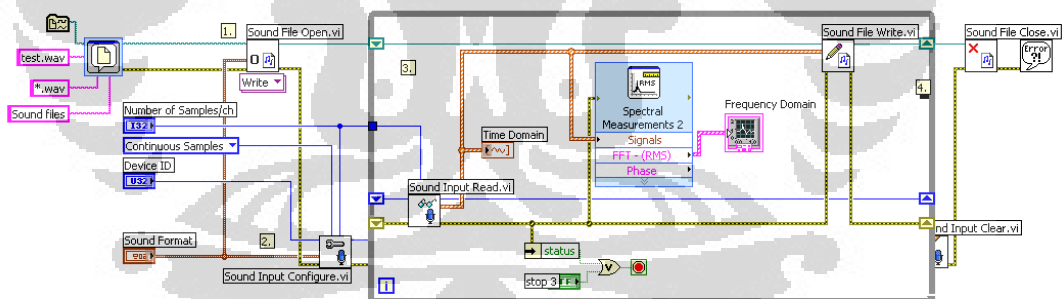
### 3.1.2 Record Sound

Untuk merekam dan menyimpan sinyal suara dalam bentuk file .wav terdapat pada menu tabulasi Record Sound. Berikut merupakan tampilan tabulasi Record Sound:



Gambar 3.6 Menu Tabulasi untuk Menyimpan Sinyal Suara Dalam Bentuk File .wav

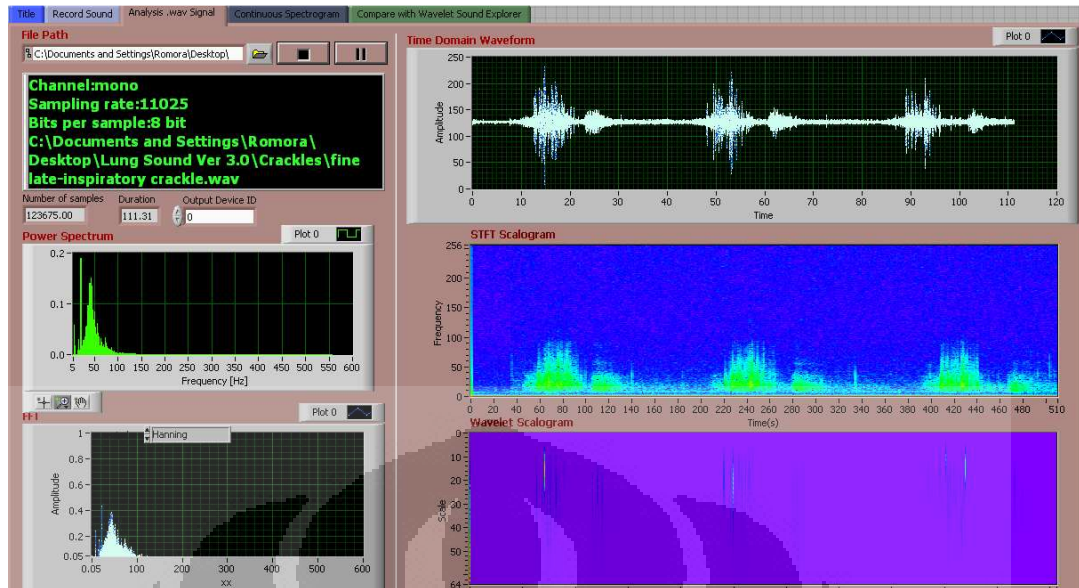
Pada penelitian ini biasanya file.wav yang disimpan dengan bentuk mono, sample rate 22050 dan bit per sampelnya 8 bit. Pada menu tabulasi Record Sound terdapat dua tampilan analisa suara yaitu time domain dan frekuensi domain sehingga dapat dianalisa waktu untuk recording dan frekuensi-frekuensi sinyal suara paru-paru yang direkam. Berikut merupakan tampilan blok diagramnya:



Gambar 3.7 LabView Blok Diagram untuk Record Sound

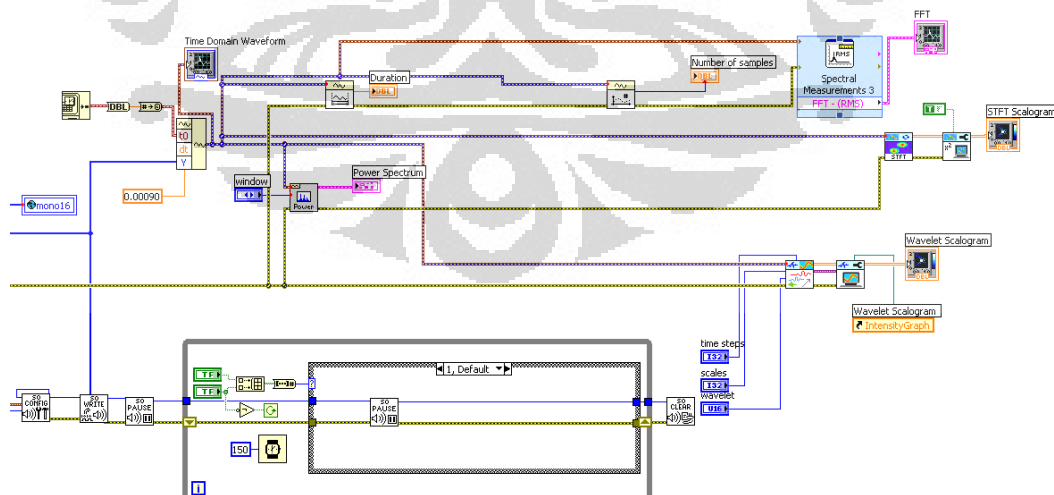
### 3.1.3 Analysis .wav Signal

Menu tabulasi Analysis. wav Signal merupakan menu analisis sinyal yang utama. *Input* yang dilakukan untuk analisis adalah file.wav dengan *sampling rate* 11025 dan bits per sample adalah 8 bit. File .wav yang diinput untuk dianalisa dapat dilihat keterangannya pada *text box*.



Gambar 3.8 Tampilan Analisa STFT dan Wavelet

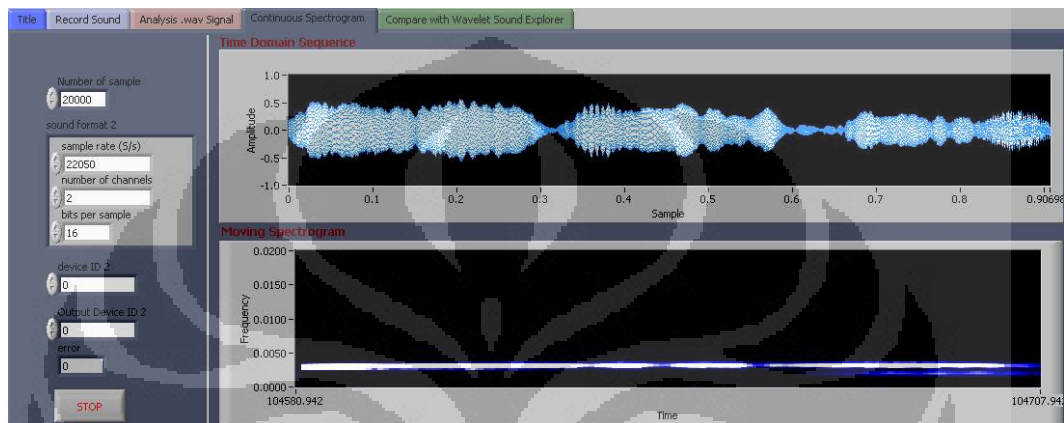
Pada analisis file.wav terdapat bermacam tool untuk analisa sinyal suara yang telah disimpan dalam bentuk file.wav. Dengan tampilan window yang bermacam-macam akan memudahkan dalam analisa suara paru-paru. Dengan tampilan scalogram atau spectrogram untuk analisa wavelet akan memberikan indeks warna yang berbeda yang memudahkan untuk interpretasi dan identifikasi suara paru-paru yang akan dianalisa.



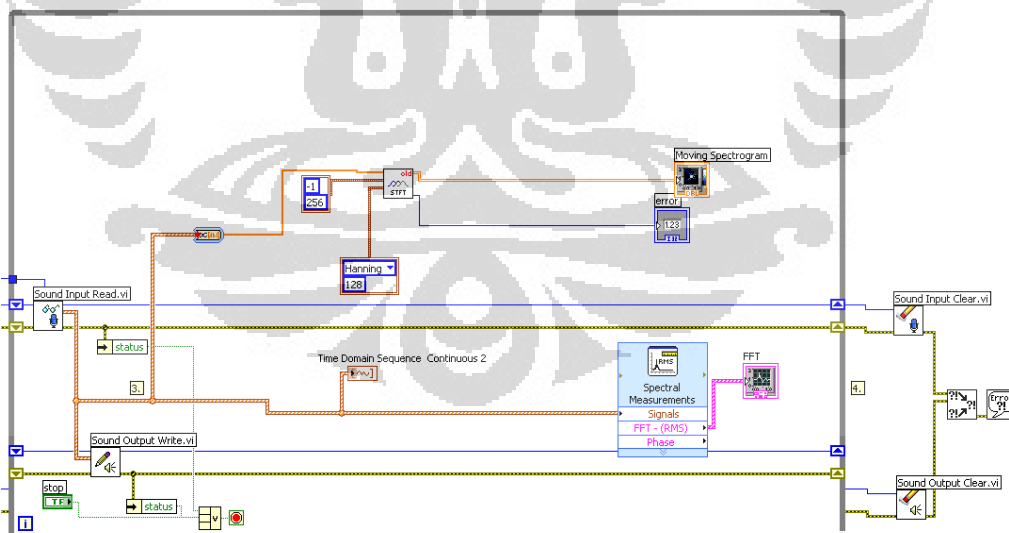
Gambar 3.9 Blok Diagram Analisa File.wav Dengan STFT dan Wavelet

### 3.1.4 Continuous Spectrogram

Untuk pengamatan secara continuous saat proses auskultasi dapat menggunakan *Continuous Spectrogram*. Dengan menu tabulasi ini kita dapat melihat pola sinyal suara paru-paru yang berulang. Dengan menganalisa pola suara pernafasan saat inspirasi dan ekspirasi berlangsung dapat dengan mudah dengan *STFT spectrogram*.



Gambar 3.10 Tampilan Front Panel Moving Spectrogram

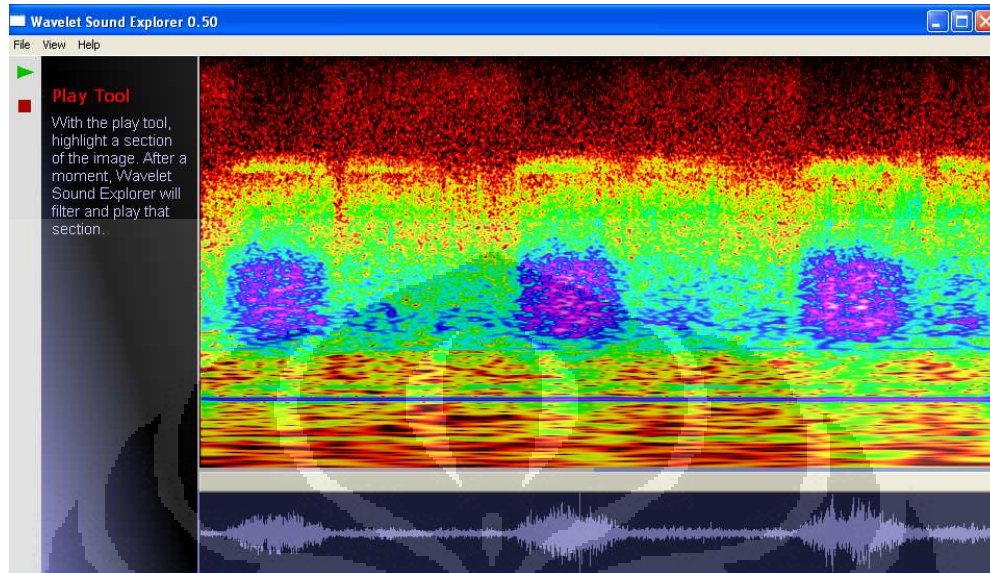


Gambar 3.11 Tampilan Blok Diagram Moving Spectrogram

### 3.1.5 Compare With Wavelet Sound Explorer.

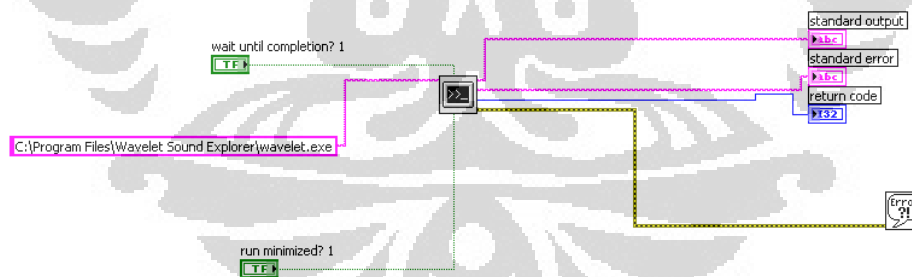
Sebagai pembading hasil analisa wavelet dengan LabView, berikut merupakan hasil analisa wavelet dengan bahasa pemograman C++. Analisa

wavelet ini dinamakan Wavelet Sound Explorer. Dengan integrasi file exec dari LabView memungkinkan Wavelet Sound Explorer dapat dijalankan dari front panel LabView.



Gambar 3.12 Tampilan Wavelet Sound Explorer

Dengan memasukan path window sound explorer file executable ini memungkinkan Wavelet Sound Explorer ini dijalankan dari dalam pemograman LabView. Berikut merupakan tampilan blok diagramnya:



Gambar 3.13 Blok Diagram Running File Executable pada LabView

## BAB 4

### PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS DATA

Pengujian sistem yang dibuat berupa pengujian perangkat keras berupa rangkaian low pass filter dan pengujian perangkat lunak berupa pemograman di LabView. Pengujian di LabView mencakup analisa terhadap kategori suara paru-paru.

Data-data yang diolah merupakan sinyal suara yang telah direkam dan disimpan dalam bentuk .wav file. dengan sampling rate 11025 dengan bit per sample 8 bit. Media analisa berupa grafik waveform FFT, power spectrum, time-domain waveform, STFT spectrogram dan Wavelet Scalogram. Software analisa yang menggunakan LabView dan menu tabulasi Analisis .wav file. Untuk analisa langsung tanpa menyimpan data gambar mungkin analisa dengan *continuous spectrogram* bisa digunakan.

Sinyal suara yang dianalisa terdiri atas beberapa kali proses respirasi yaitu beberapa kali proses inspirasi – jeda – ekspirasi. Proses penganalisaan juga didasarkan pada durasi lama inspirasi dan ekspirasi pada analisa normal. Sedangkan buat suara adventitious akan lebih lebih mudah dianalisa dalam bentuk scalogram maupun spectrogram.

Kesimpulan dan analisa terdiri dari analisa penulis sendiri dengan membandingkan hasil analisa dengan berbagai penelitian dan paper sebelumnya. Berikut ini merupakan hasil analisa paru-paru normal dan adventitious.

#### 4.1 Pengujian Low Pass Filter

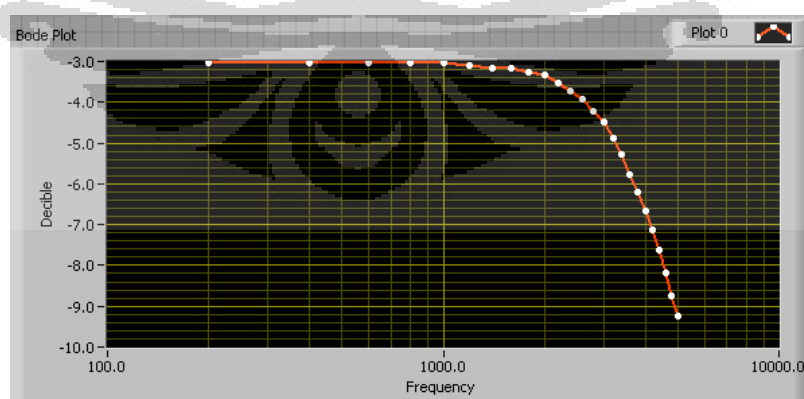
Untuk menguji hasil filter yang telah dibuat dengan menggunakan function generator dengan nilai frekuensi yang diubah-ubah secara linear. Penulis menggunakan range frekuensi pengujian antara 200 – 5000 Hz, berikut merupakan data-data hasil pengukuran yang didapat.



Tabel 3.1 Hasil Pengukuran Filter yang Dibuat

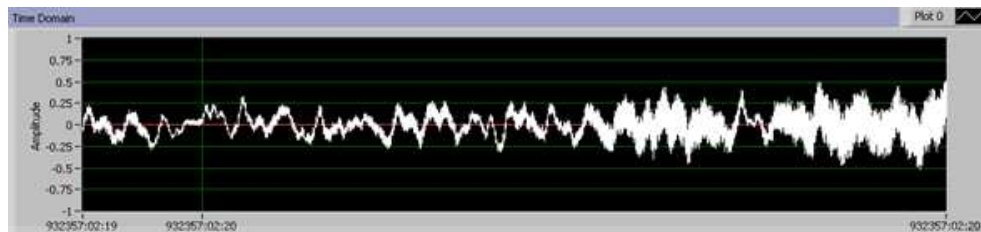
Vin (Vp)	Freq (Hz)	Vout	Desibel
2	200	1.41	-3.03
2	400	1.41	-3.03
2	600	1.41	-3.03
2	800	1.41	-3.03
2	1000	1.41	-3.03
2	1200	1.4	-3.09
2	1400	1.39	-3.16
2	1600	1.39	-3.16
2	1800	1.37	-3.28
2	2000	1.36	-3.34
2	2200	1.33	-3.54
2	2400	1.3	-3.74
2	2600	1.27	-3.94
2	2800	1.23	-4.22
2	3000	1.19	-4.50
2	3200	1.14	-4.88
2	3400	1.09	-5.27
2	3600	1.03	-5.76
2	3800	0.98	-6.19
2	4000	0.93	-6.65
2	4200	0.88	-7.13
2	4400	0.83	-7.63
2	4600	0.78	-8.17
2	4800	0.73	-8.75
2	5000	0.69	-9.24

Nilai gain yang didapat diplot dengan pemograman LabView. Berikut merupakan hasil bode plot dan tampilan pada chart pada LabView.

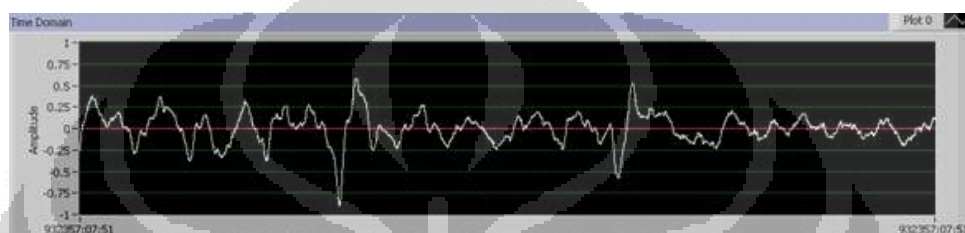


Gambar 4.1 Hasil Bode Plot dengan Labview Pengujian Rangkaian Low Pass Filter dengan cut off pada Frekuensi 2000 Hz

Sinyal suara yang telah difilter akan langsung disimpan dalam bentuk file.wav. Sesudah sinyal suara di filter dengan filter analog maka frekuensi yang lebih besar 2000 Hz akan di hambat. Maka berikut ini merupakan gambar sinyal suara yang sebelum difilter dan sesudah di filter.



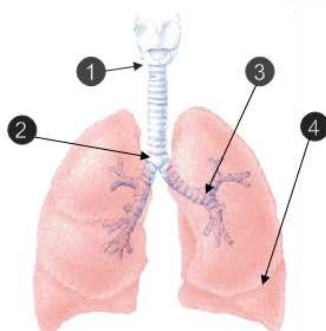
Gambar 4.2 Sinyal Sebelum Difilter Analog



Gambar 4.3 Sinyal Sesudah Difilter Analog

#### 4.2 Penyajian Data dan Analisa Suara Paru-Paru Normal

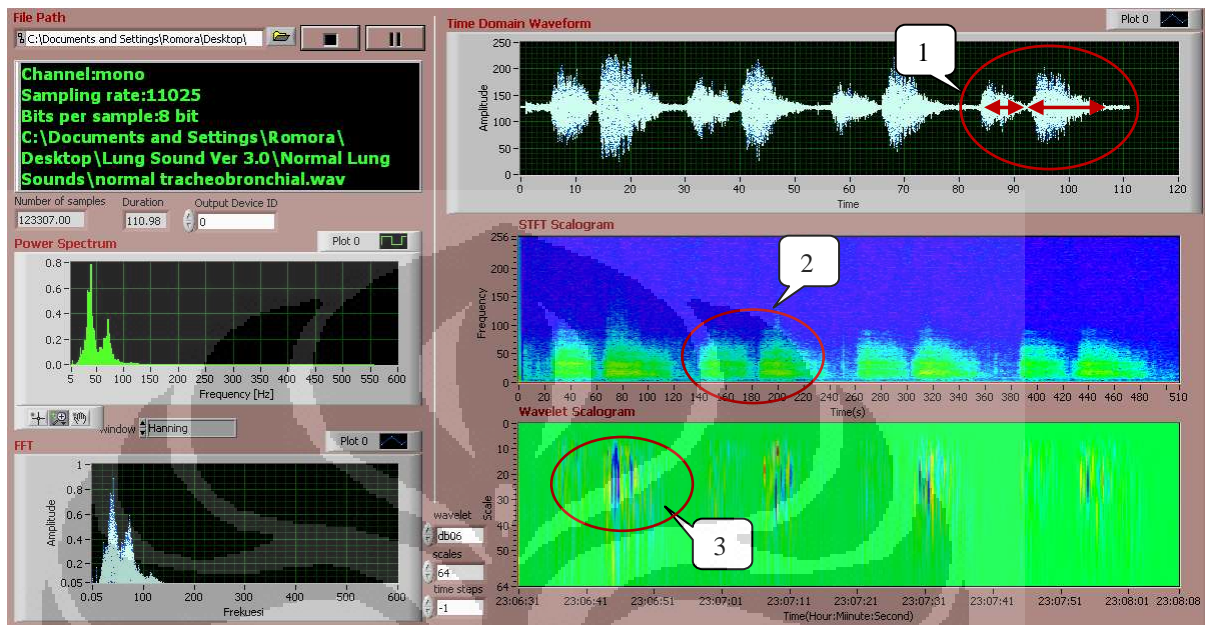
Dalam analisa sinyal suara normal dengan fokus membandingkan antara suara normal tracheal, bronchialvesicular, bronchial maupun vesicular. Seperti yang sudah dibahas dalam bab sebelumnya suara normal dibedakan berdasar posisi suara yang dicapture pada saat auskultasi. Setiap kategori suara normal mempunyai ciri khas baik intensitas, pitch dan lain-lain. Berikut merupakan gambar kategori suara normal dengan posisi auskultasi yang berbeda-beda.



1. Normal Tracheal Sound
2. Normal Bronchial Sound
3. Normal Bronchovesicular
4. Normal Vesicular

Gambar 4.4 Posisi Sumber Suara Paru-Paru Normal

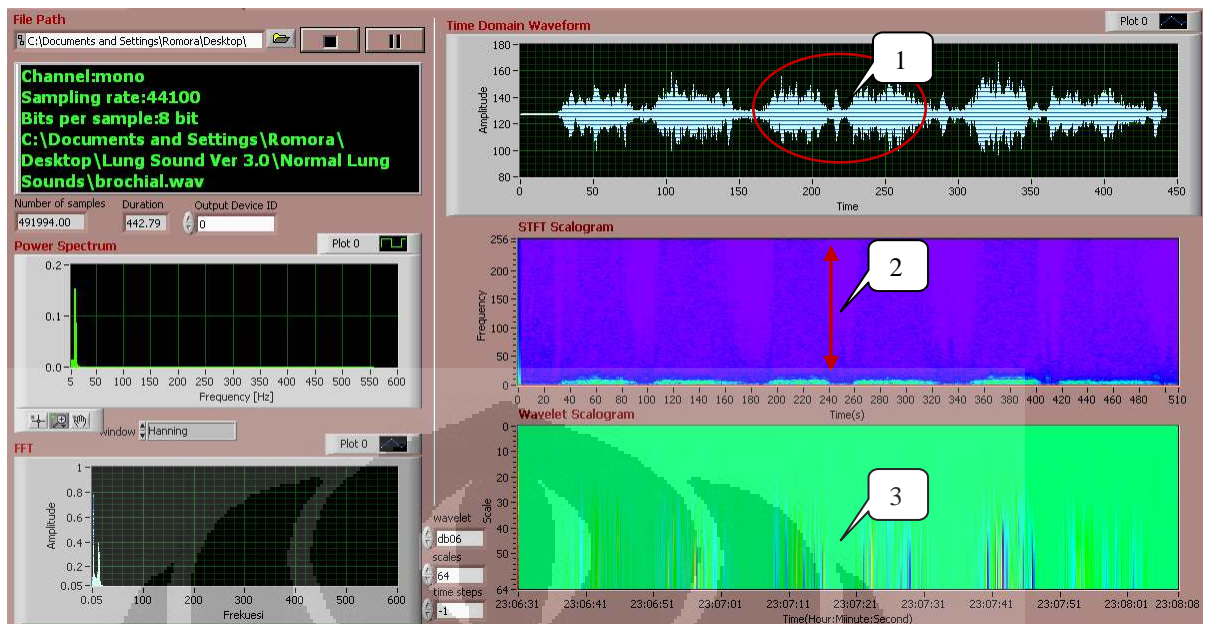
#### 4.2.1 Normal Tracheal atau Tracheobronchial Sound



Gambar 4.5 Front Panel Suara Normal Tracheal atau Tracheobronchial Sound

Normal tracheal merupakan suara paru-paru yang di dengar pada bagian dada yang menjorok ke bagian leher. Normal tracheal merupakan kategori suara paru-paru normal yang lebih jelas terdengar dari pada suara paru-paru normal lainnya. Pada bagian ekspirasi akan lebih kuat terdengar dibanding dengan saat inspirasi (2), (3). Durasi pada bagian inspirasi akan lebih singkat dibandingkan pada bagian ekspirasi. Dan bagian ekspirasi akan lebih kuat terdengar dan lebih lama durasinya didandingkan inspirasi(1), (2).

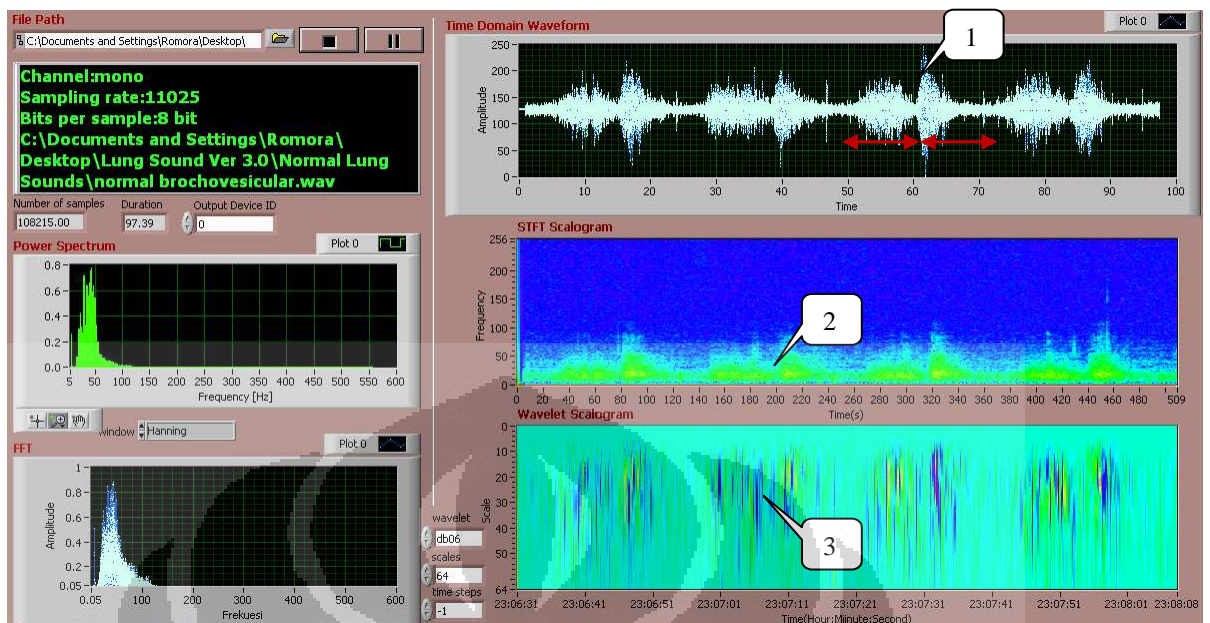
## 4.2.2 Normal Bronchial Sound



Gambar 4.6 Front Panel Suara Normal Bronchial

Normal bronchial merupakan suara normal paru-paru yang diauskultasi di bagian percabangan antara paru-paru kanan dan paru-paru kiri atau sering disebut daerah bronchus. Bronchus terlindungi oleh tulang rusuk tengah pada bagian dada. Setelah suara paru-paru normal tracheal maka suara bronchial merupakan suara paru-paru yang lebih kuat terdengar. Range frekuensi pada normal brochial lebih merata. Hal ini terlihat seperti pada gambar (2) titik-titik pada frekuensi tinggi masih kelihatan hingga pada frekuensi rendah. Suara pada proses ekspirasi dan inspirasi hampir sama kuatnya (3). Durasi lama proses ekspirasi sedikit lebih lama dibandingkan proses inspirasi (1).

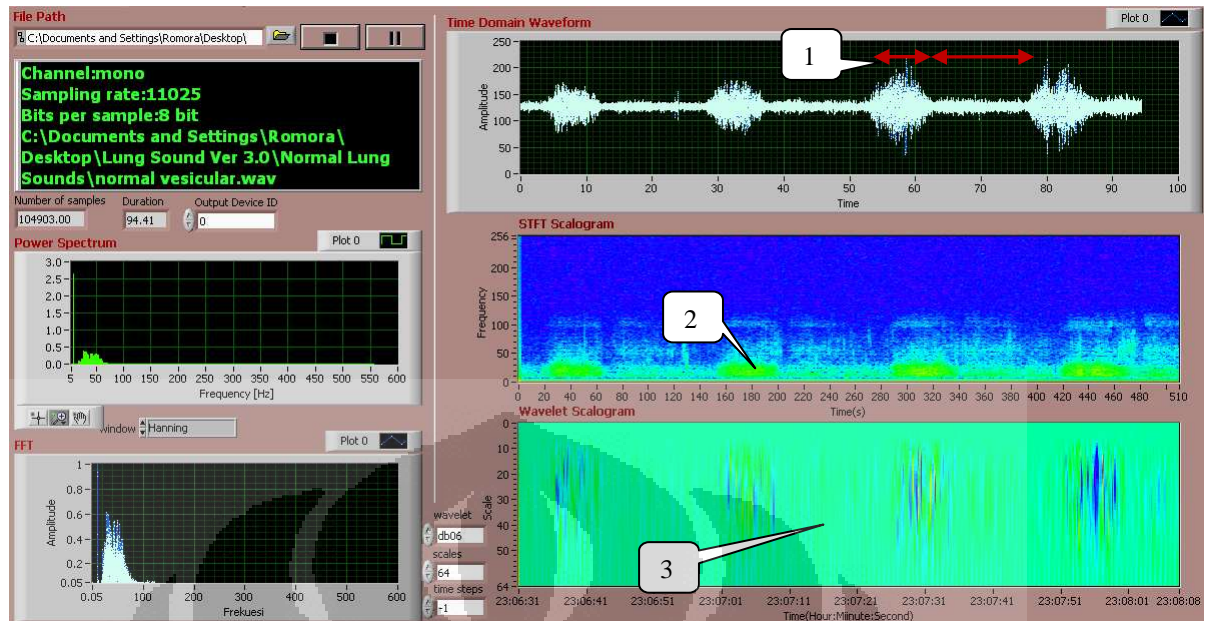
### 4.2.3 Normal Bronchovesicular



Gambar 4.7 Front Panel Suara Normal Bronchovesicular

Bronchovesicular merupakan suara normal paru-paru yang diauskultasi di bagian dada tengah paru-paru kanan maupun paru-paru kiri atau sering disebut daerah bronchiolus. Suara pada bagian bronchovesicular lebih halus terdengar dibandingkan dengan suara normal tracheal maupun suara normal bronchial. Suara pada proses ekspirasi sedikit lebih kuat terdengar. Namun suara ekspirasi dan inspirasi lebih sering terdengar sama kuatnya (3). Durasi lama proses inspirasi dan proses ekspirasi juga hampir sama lamanya (1). Yang lebih mencirikan Bronchovesicular adalah masa jeda antara proses inspirasi dan proses ekspirasi hampir tidak ada (2).





#### 4.2.4 Normal Vesicular



Gambar 4.8 Front Panel Suara Normal Vesicular

Normal vesicular merupakan suara normal paru-paru yang didengar pada dada samping dan dada dekat bagian perut. Suara pada bagian vesicular merupakan suara yang paling sulit terdengar dibandingkan dengan suara normal lainnya. Suara pada proses inspirasi jauh lebih kuat terdengar dibanding proses ekspirasi (2). Dan ciri utama dari normal vesicular adalah durasi lama proses ekspirasi jauh lebih lama dibanding dengan proses inspirasi (1). Dan ciri lainnya adalah suara paru-paru pada proses ekspirasi yang hampir tidak terdengar (3).

Tabel 4.2 Hasil Analisa Perbedaan Kategori Suara Normal

No	Kategori	Simbol	Intensitas	Pitch	Perbedaan Umum Ciri Hasil Interpretasi Data
1	Vesicular		<i>Soft</i>	<i>Low</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suara susah terdengar pada saat proses auskultasi</li> <li>• Durasi lama proses ekspirasi jauh lebih lama dibanding dengan proses inspirasi</li> <li>• Suara paru-paru pada proses ekspirasi yang hampir tidak terdengar</li> </ul>
2	Bronchovesicular		<i>Intermediate</i>	<i>Intermediate</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Masa jeda antara proses inspirasi dan proses ekspirasi hampir tidak ada</li> <li>• Durasi lama proses inspirasi dan proses ekspirasi juga hampir sama lamanya</li> <li>• Suara ekspirasi dan inspirasi lebih sering terdengar sama kuatnya</li> </ul>
3	Bronchial		<i>Loud</i>	<i>High</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Range frekuensi pada normal brochial lebih merata</li> <li>• Suara pada proses ekspirasi dan inspirasi hampir sama kuatnya</li> <li>• Durasi lama proses ekspirasi sedikit lebih lama dibandingkan proses inspirasi</li> </ul>
4	Tracheal		<i>Very Loud</i>	<i>High</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normal tracheal merupakan kategori suara paru-paru normal yang lebih jelas terdengar dari pada suara paru-paru normal lainnya</li> <li>• Proses ekspirasi akan lebih kuat terdengar dan lebih lama durasinya dibandingkan inspirasi</li> <li>• Durasi pada bagian inspirasi akan lebih singkat dibandingkan pada bagian ekspirasi</li> </ul>

### 4.3 Penyajian Data dan Analisa Suara Paru-Paru Adventitious

Data yang diperoleh dan disajikan berupa data suara adventitious crackle dan wheeze. Namun adakala suara crackle dan wheeze terjadi dalam satu respirasi dan hal itu juga dapat dianalisa. Berikut merupakan penyajian penyakit adventitious crackle dengan tujuan dapat menganalisa tingkat keparahan crackle.

#### 4.3.1 Crackles

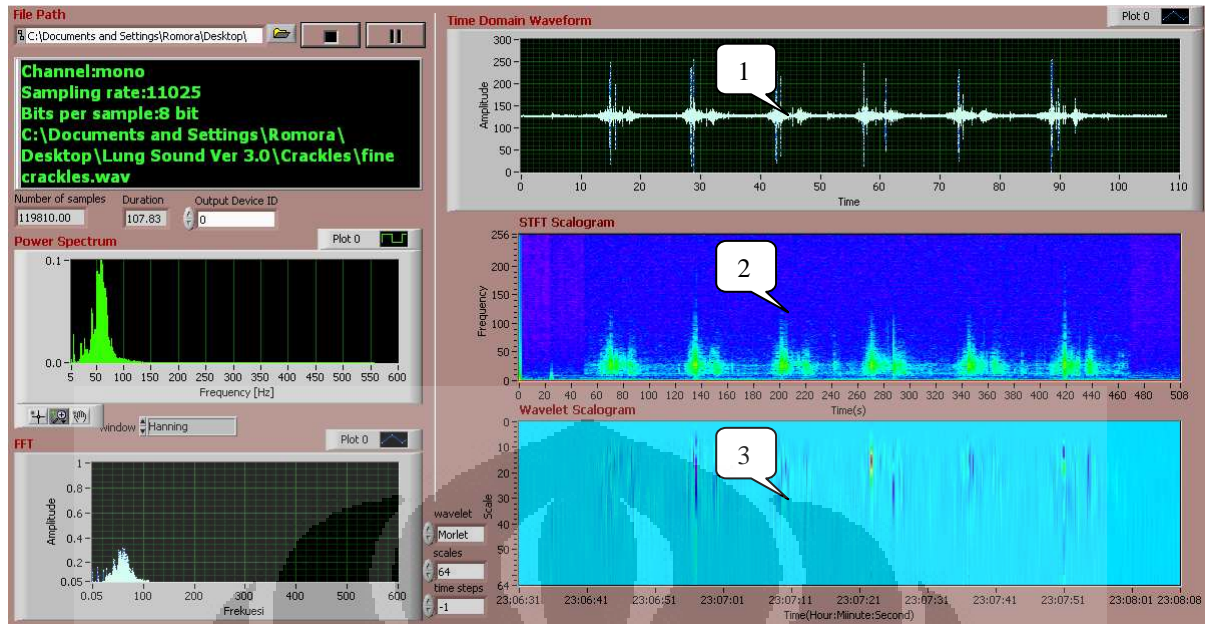
Crackle sering disebut “*discontinuous adventitious sound*” berbeda dengan wheeze yang disebut dengan “*continuous adventitious sound*”. Crackle sering juga disebut dengan “Rale”. Karena memang jika sinyal suara crackle didengarkan akan terdengar suara putus-putus atau meretih.

Seperti yang dibahas pada bab dua suara crackle mencakup dari range frekuensi 100-2000 Hz. Crackle dibagi atas tiga jenis menurut tingkat intensitas dan pitchnya yaitu:

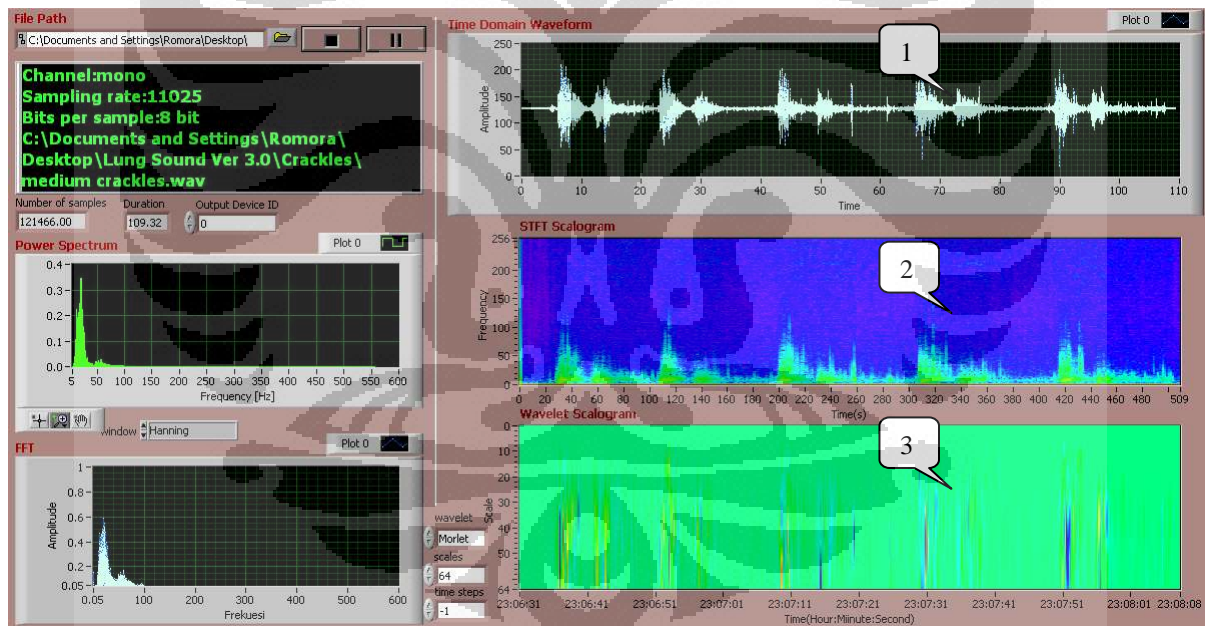
- Fine Crackle
- Medium Crackle
- Coarse Crackle

Pembahasan ini akan menyediakan grafik interpretasi perbedaan ketiga jenis crackle atau rales ini. Penyajian data untuk adventitious crackle terlebih dulu ditampilkan front panel ketiga jenis crackle agar dapat dianalisa perbedaan ketiganya. Berikut ini merupakan gambar front panel ketiga jenis crackle:

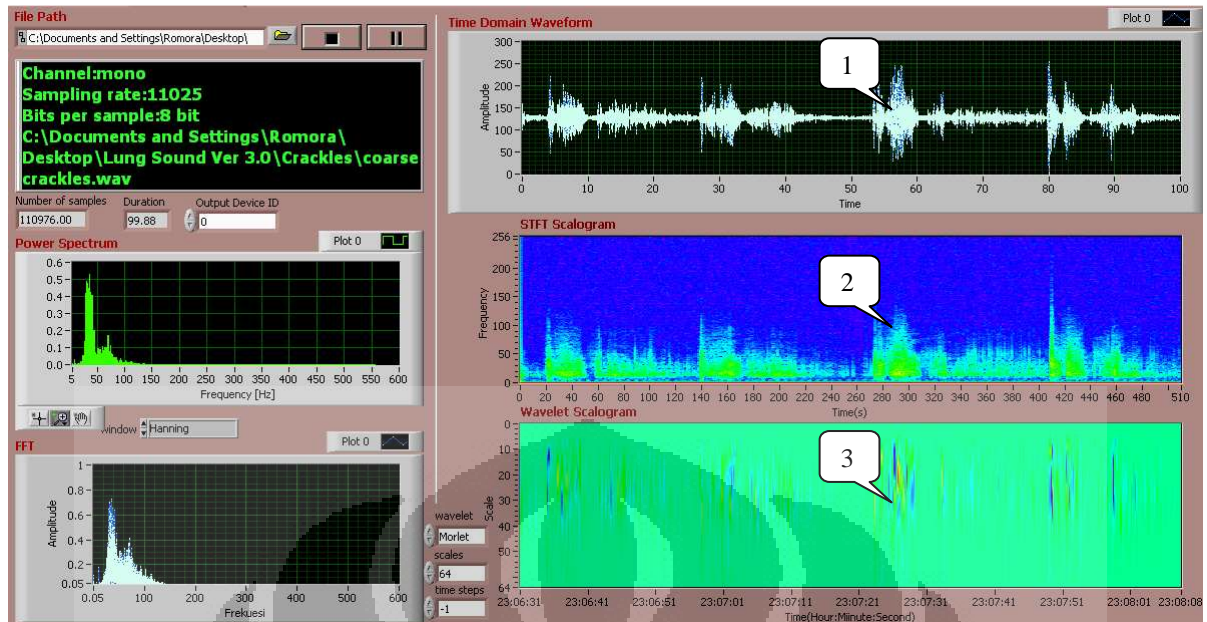




Gambar 4.9 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle



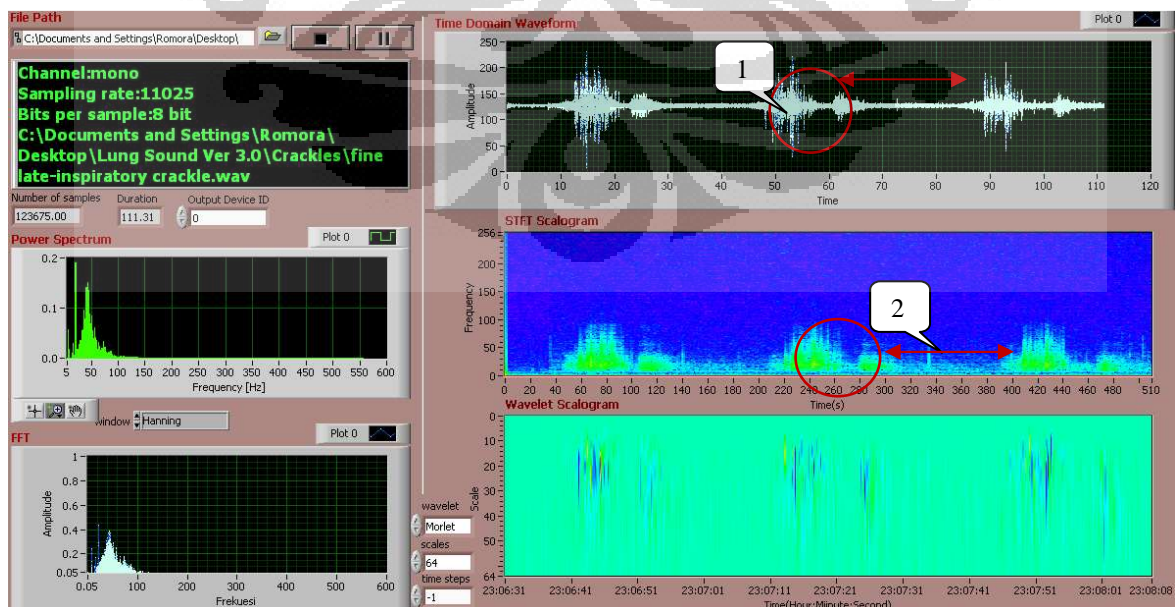
Gambar 4.10 Front Panel Suara Adventitious Medium Crackle



Gambar 4.11 Front Panel Suara Adventitious Coarse Crackle

Pada ketiga front panel di atas dapat diperhatikan peningkatan nilai intensitas dan pitch dari ketiga jenis crackle mulai dari fine, medium hingga coarse(2), (3). Crackle lebih jelas terdengar pada saat proses inspirasi (1). Nilai indeks warna pada analisis wavelet juga menunjukkan tingkat sinyal power dari adventitious crackle (Pesu L, *Wavelet Packet Based Respiratory Sound Classification*.2004 [6]).

#### 4.3.2 Fine Late Inspiratory Crackle

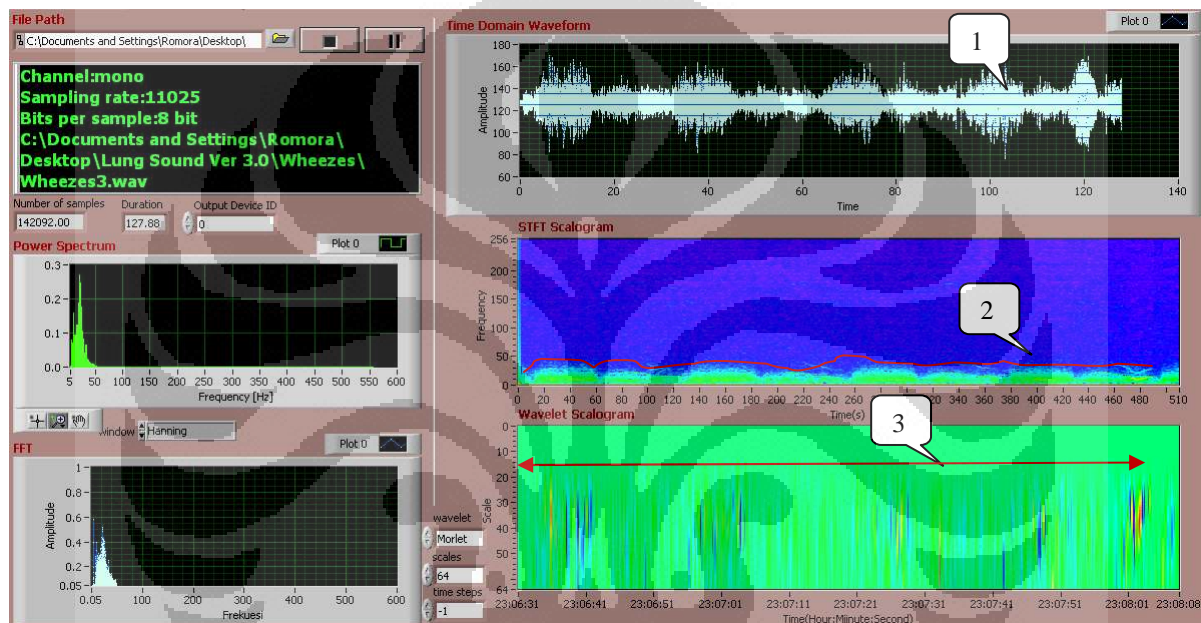


Gambar 4.12 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle

Fine late crackle adalah bunyi paru-paru adventitious yang suara cracklenya hanya terdengar jelas pada bagian inspirasi (1). Sedangkan pada proses ekspirasi yang terdengar adalah seperti bunyi pada ekspirasi vesicular tetapi terdengar meretih pelan atau pecah-pecah (2).

### 4.3.3 Wheezes

Wheeze yang disebut dengan “*continuous adventitious sound*” merupakan suara bunyi menciut-ciut terus-menerus saat proses inspirasi dan ekspirasi.

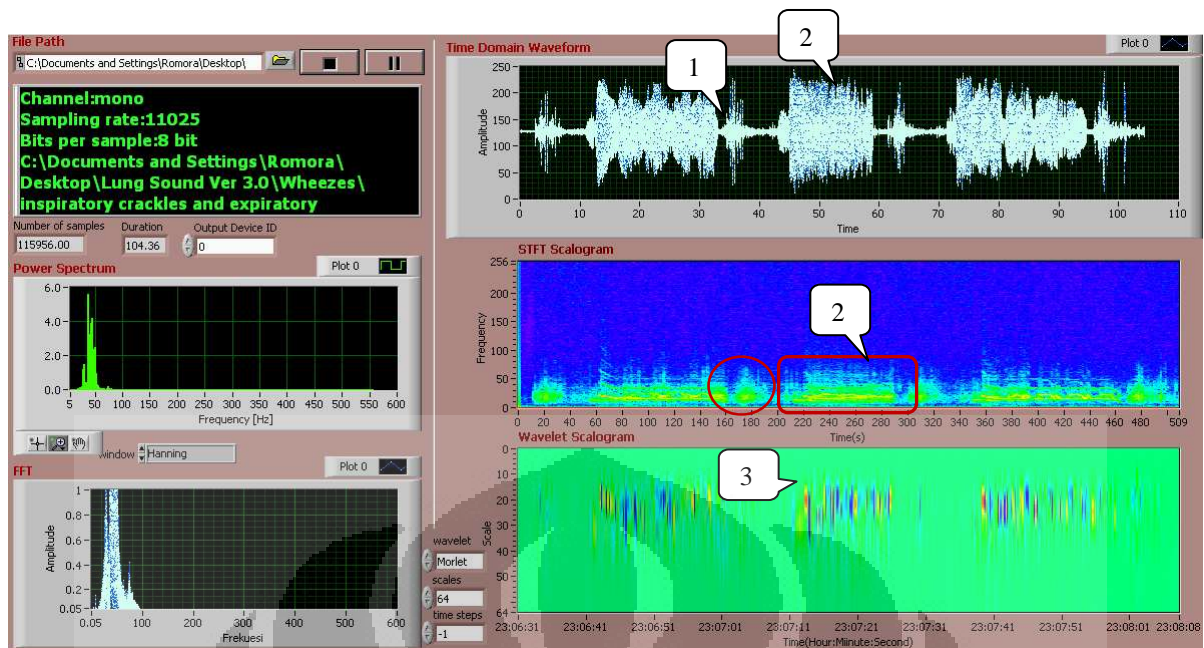


Gambar 4.13 Front Panel Suara Adventitious Fine Crackle

Pada wavelet scalogram terlihat garis-garis frekuensi terjadi seluru waktu tanpa ada jeda kosong (3). Bunyi akan kedengaran terus-menerus menciut-ciut saat proses inspirasi dan ekspirasi dengan sedikit jeda (1), (2).

### 4.3.4 Kombinasi Crackle dan Wheeze

Adakalanya pada suara paru-paru terjadi kombinasi antara Crackle dan Wheeze. Berikut merupakan kombinasi antara Crackle dan Wheeze yaitu crackle terjadi pada saat inspirasi dan wheeze terjadi pada saat ekspirasi.

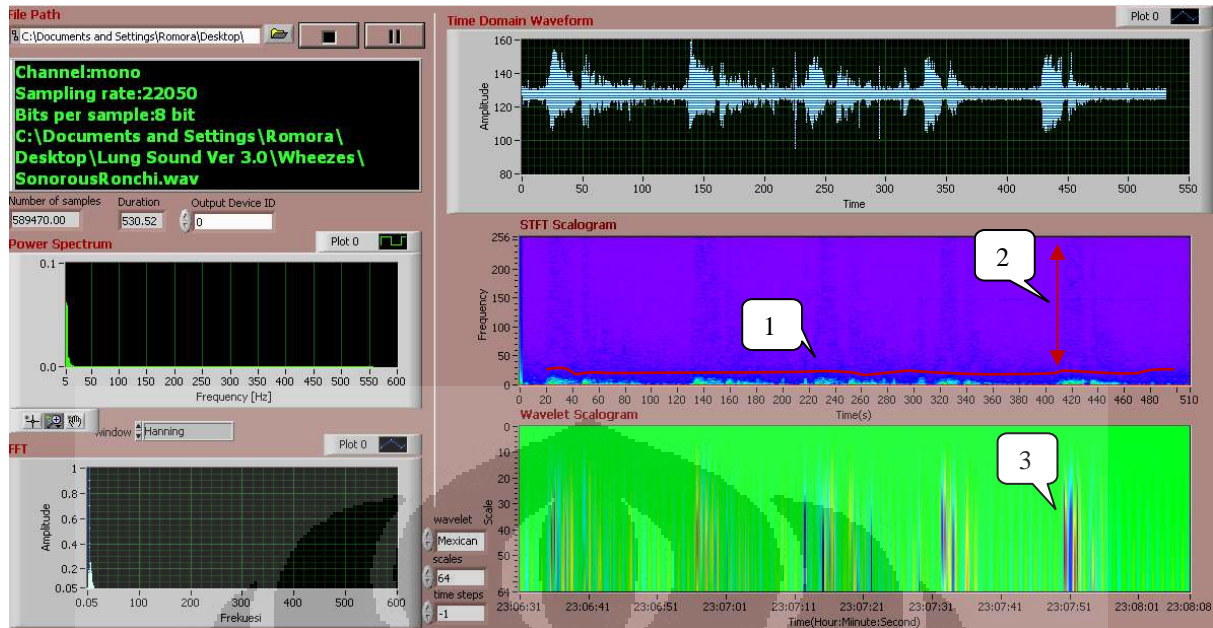


Gambar 4.14 Front Panel Suara Adventitious Inspiratory Crackel dan Ekspiratory Wheeze

Terlihat bahwa inspirasi crackle memiliki pitch yang lebih rendah dibanding dengan ekspirasi wheeze (3). Durasi panjang wheeze akan terjadi pada saat ekspirasi (3).

#### 4.3.5 Rhonchi

Ronchi merupakan suara continuous pitch rendah sama halnya dengan wheezes. Tetapi dalam ronchi jalan udara lebih besar (*larger air ways*), atau sering disebut '*coarse rattling sound*' (Pasterkamp, Hans, *Respiratory Sounds Advance beyond the Stethoscope*, 1997 [8])

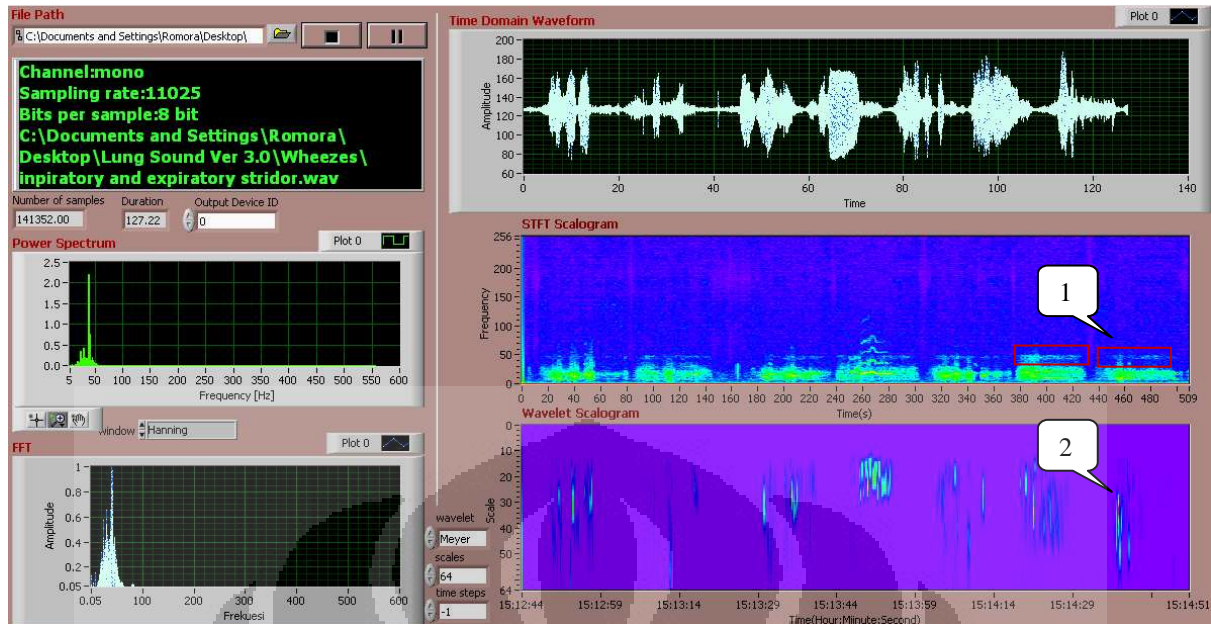


Gambar 4.15 Front Panel Suara Adventitious Rhonchi

Ciri utama ronchi adalah suara wheeze yang lebih lembut atau soft. Pada gambar (1) terlihat bahwa ronchi sama halnya dengan wheeze bersifat continuous dengan sedikit jeda antara inspirasi dan ekspirasi. Hal ini dapat terlihat pada titik-titik intensitas halus pada STFT scalogram yang merata pada frekuensi tinggi dan rendah (2). Pada analisis wavelet juga terlihat bahwa garis-garis intensitas terlihat pada setiap waktu (3).

#### 4.3.6 Stridor

Seperti yang telah dibahas pada tinjauan pustaka stridor merupakan suara berisik yang terdengar keras pada daerah trakea saat proses inspirasi. Stridor merupakan indikasi luka pada trakea atau laring sehingga pertolongan medis sangat dianjurkan dengan segera (Yossii Chiharu, Masamitsu Kido, *Lung Sound Auscultation Trainer. 2004* [3])

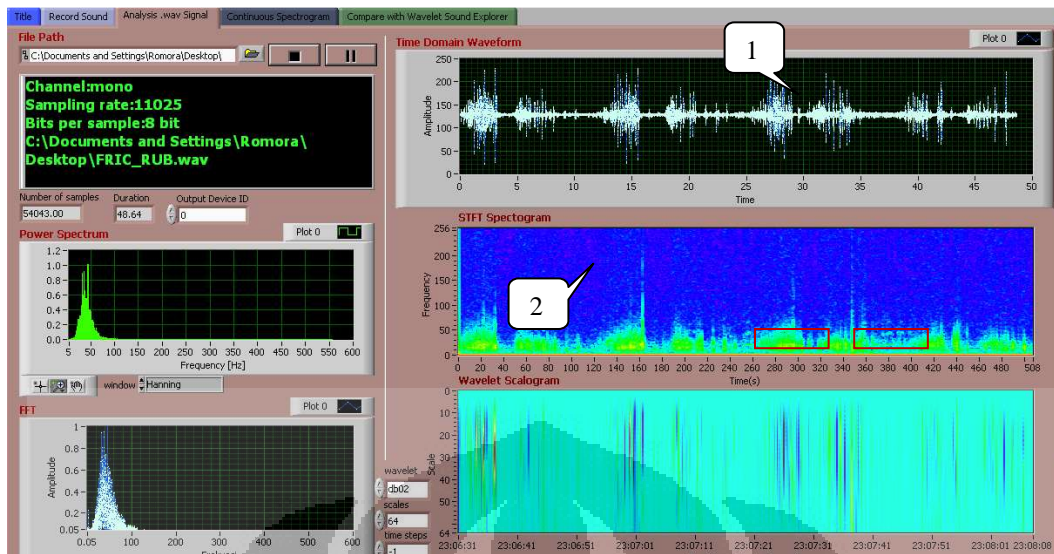


Gambar 4.16 Front Panel Suara Adventitious Stridor

Ciri utama dari stridor adalah adanya istilah flying intensity (1). Yaitu nilai kelompok kecil intensitas frekuensi tertentu yang terpisah dengan intensitas frekuensi utama (1). (Pesu L. *Wavelet Packet Based Respiratory Sound Classification*. 2004 [6]) atau kelompok kecil intensitas frekuensi tertentu yang terpisah dengan intensitas frekuensi utama. Pada stridor biasa terdapat pada frekuensi yang tinggi.

#### 4.3.7 Pleural Rub

Pleural rub merupakan suara pecah yang dihasilkan ketika pleural atau permukaan membran tenggorokan menjadi kasar dan saling mengesek satu sama lain. Suara dihasilkan diantara dua permukaan. Suara bisa jadi continuous dan discontinuous dan terjadi saat proses inspirasi dan ekspirasi. Pleural rub sama halnya dengan stridor, dengan istilah lain pleural rub merupakan tingkat lanjut dari stridor.



Gambar 4.17 Front Panel Suara Adventitious Pleural Rub

Pada pleural rub nilai amplitud tampak berubah-ubah secara cepat atau kasar [1]. Pada STFT spectrogram terlihat nilai discontinuitas dengan lonjakan intensitas [2]. Namun pada pleural rub terdapat nilai pitch yang lebih tinggi daripada ronchi.

#### 4.4 Penyajian Data Pengamatan Auskultasi Langsung dengan Pasien

Data ini merupakan data pengamatan auskultasi langsung dengan beberapa sample orang. Dalam hal ini penulis mencoba menganalisa kategorinya. Data-data yang diolah merupakan sinyal suara yang telah direkam dan disimpan dalam bentuk .wav file. dengan sampling rate 11025 dengan bit per sample 8 bit.



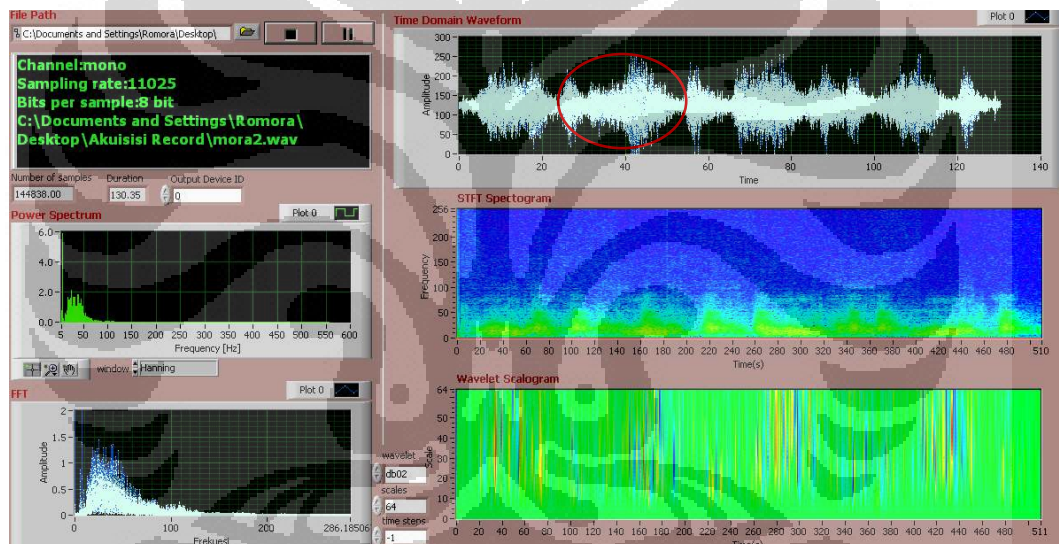
Gambar 4.18 Salah Satu Posisi Saat Auskultasi

Tentu saja posisi stetoskop pada saat proses auskultasi mempengaruhi pola suara yang didapat. Pada table 4.3 merupakan hasil rekaman suara yang didapat.

Tabel 4.3 Data Pengamatan Pasien

No	Nama	Umur (tahun)	Massa (kilogram)	Nama File Record
1	Romora	23	65	mora.wav
2	Ryandi	20	60	ryandi.wav
3	Ondo	25	100	ondo.wav
4	Parman	24	62	parman.wav
5	Linggom	25	58	linggom.wav

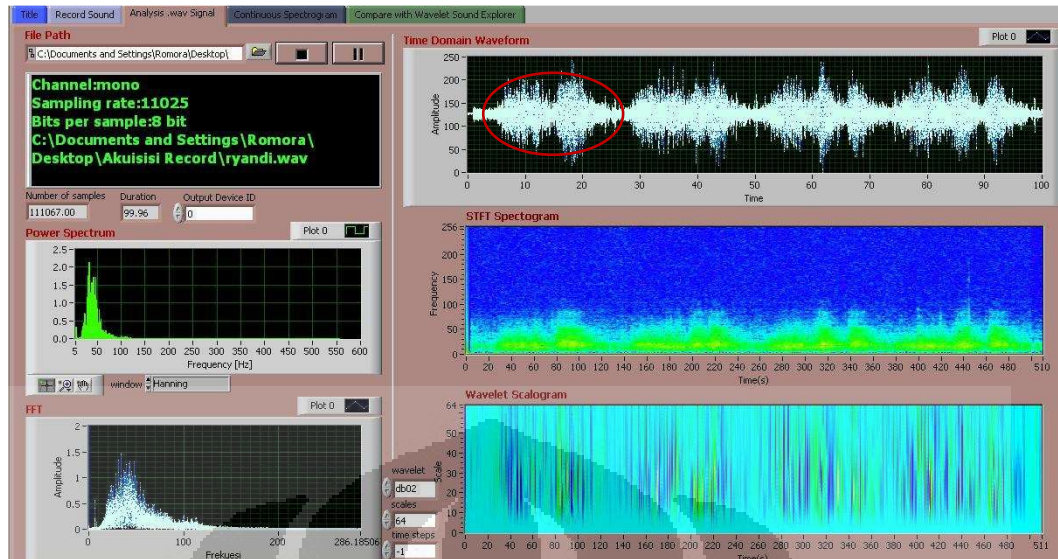
Dari kelima data pasien yang direkam akan diinterpretasi kan dalam bentuk visual seperti pada gambar 4.19. Dengan interpretasi yang ada maka suara paru-paru dapat digolongkan berdasar kategori masing-masing.



Gambar 4.19 Front Panel Suara Pasien Romora

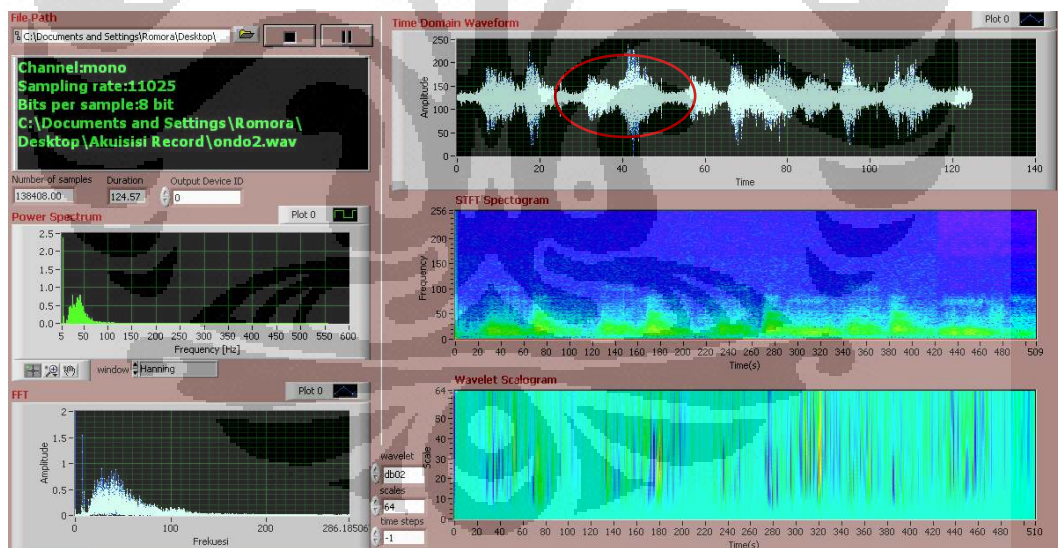
Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien Romora didapat bahwa suara dengan suara normal. Dengan melihat pola inspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah dibanding dengan durasi ekspirasi yang panjang dan kuat maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal tracheal.





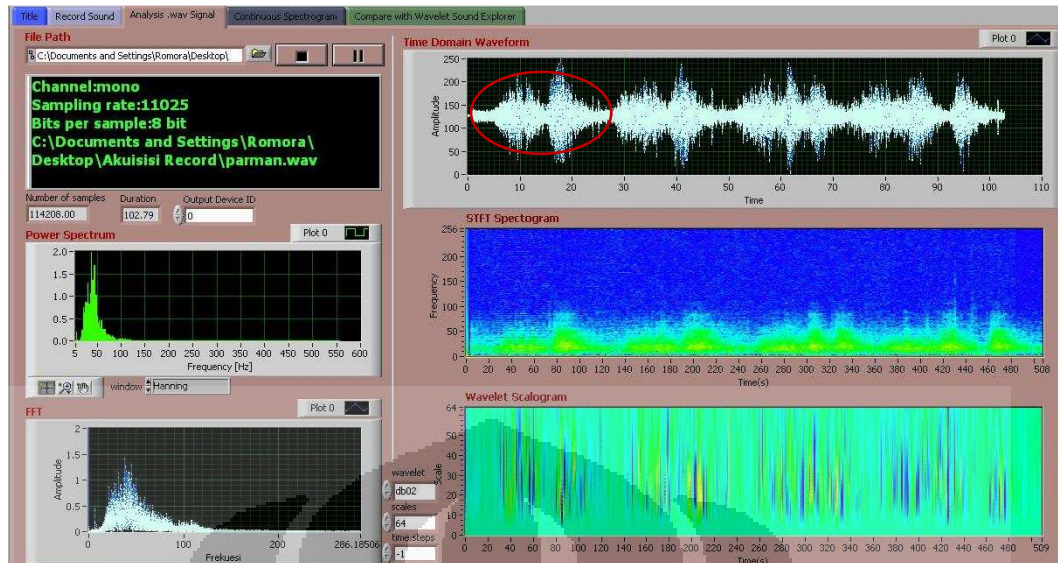
Gambar 4.20 Front Panel Suara Pasien Ryandi

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien Ryandi didapat bahwa suara dengan suara normal. Dengan melihat pola inspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah dibanding dengan durasi ekspirasi yang panjang dan kuat maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal tracheal.



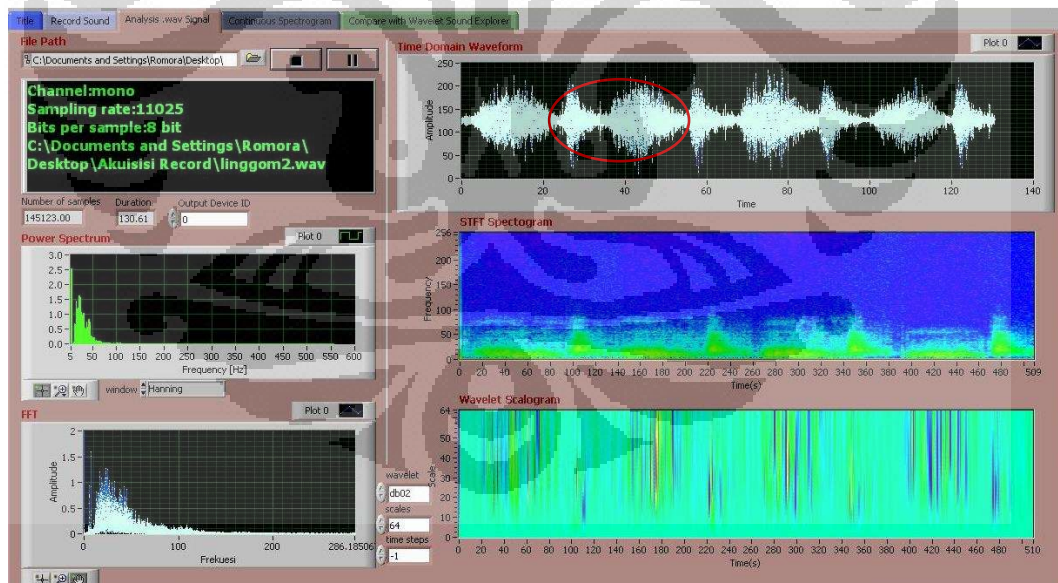
Gambar 4.21 Front Panel Suara Pasien Ondo

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien Ondo didapat bahwa suara dengan suara normal. Dengan melihat pola inspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah tetapi durasi inspirasi dan ekspirasi yang hampir sama lamanya maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchovesicular



Gambar 4.22 Front Panel Suara Pasien Parman

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien Parman didapat bahwa suara dengan suara normal. Dengan melihat pola inspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah dibanding dengan durasi ekspirasi yang panjang dan kuat maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal tracheal.



Gambar 4.23 Front Panel Suara Pasien Linggom

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien Linggom didapat bahwa suara dengan suara normal. Dengan melihat pola inspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah dibanding dengan durasi ekspirasi yang panjang dan kuat maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal trachea

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- a. Metode analisa dengan STFT spectrogram dan wavelet scalogram dapat mempermudah dalam menganalisa dan interpretasi jenis suara paru-paru normal maupun suara paru-paru adventitious.
- b. Dengan spectrogram dan wavelet scalogram interpretasi dapat mempermudah untuk mengetahui intensitas tingkat keparahan penyakit paru-paru adventitious crackle mulai dari fine, medium, hingga pada coarse crackle
- c. Dengan pengamatan dan filtering yang telah dilakukan dapat terlihat nilai range frekuensi tiap-tiap suara paru-paru normal dan adventitious.
- d. Dari pengamatan data langsung pada pasien didapat bahwa semua pasien memiliki pola suara paru-paru normal.

#### 5.2 Saran

- a. Dengan dilakukannya sistem auskultasi dengan single channel atau dengan satu stetoskop diharapkan dapat dilakukan akuisisi lanjut dengan multichannel
- b. Dengan keefesienan rangkaian filter diharapkan dapat dibuat rangkaian filter yang lebih bagus dengan single supply
- c. Electrets Condenser Microphone yang dirancang hendaknya dirancang khusus dengan frekuensi lebih rendah lagi sampai 20Hz
- d. Diharapkan dapat menyajikan data dengan waterfall display akan lebih mempermudah hasil analisa
- e. Untuk pengamatan auskultasi secara langsung perlu dicoba terhadap pasien yang lebih banyak, dan belum dicoba untuk pasien yang berpenyakit paru-paru.

## DAFTAR ACUAN

1. Sovijärvi A.R.A, J. Vanderschoot and J.E. Earis (2000), *Standardization of Computerized Respiratory Sound Analysis*, *European Respiratory Review*, ERS Journal Ltd European Respiratory Review. UK.
2. A Lynn, Paul (1982), *an Introduction to the Analysis and Processing of Signal*. *Engineering University of Bristol (2<sup>nd</sup> edition)*. Printed in Hongkong.
3. Frank E. Speizer, Susan Horton, Jane Batt, and Arthur S. Slutsky (2000), *Disease Control Priorities in Developing Countries*, Chapter 35 *Respiratory Diseases of Adults*.
4. Yossii Chiharu, Masamitsu Kido (2000), *Lung Sound Auscultation Trainer*. Division of Respiratory Disease University of Occupational and Environmental Health, Japan.
5. Cheetham B.G.M, G. et al (2000), *Digitization of Data for Sound Recordings*. ERS Journal Ltd European Respiratory Review. UK.
6. Yi, Gina Ann (2004), *a Software Toolkit for Acoustic Respiratory Analysis*. Massachusetts Institute of Technology. USA.
7. Pesu L (2004), *Wavelet Packet Based Respiratory Sound Classification*. Laboratory of Biomedical Engineering Helsinki University of Technology. Finlandia.
8. Knocikova (2008), *Wavelet Analysis of Voluntary Cough Sounds in Patients with Respiratory Disease*. *Journal of Physiology and Pharmacology* Faculty of Medicine Comenius University. Slovakia.
9. Pasterkamp, Hans (1997), *Respiratory Sounds Advance beyond the Stethoscope*.
10. Jurado, Franscesco and Jose R Saenz (2002) *Comparison between Discrete STFT and Wavelet for the Analysis of Power Quality Events*.
11. Anonim." Cara Auskultasi". <http://www.medidiscuss.org/respiratory-auscultation-tips-audio-mp3-examples-71-page2.html> ( 1 February. 2010, pukul 09.00 WIB.)
12. Rowan Polikar" *an Introduction to Wavelet*". <http://users.rowan.edu/~polikar/wavelets/wttutorial.html> (1 February. 2010, pukul 09.05 WIB.)

13. Ishiyasu “*Wavelet Analysis of Lung Sounds*”  
[http://www.uinet.or.jp/~ishiyasu/lungsound/index\\_en.html](http://www.uinet.or.jp/~ishiyasu/lungsound/index_en.html).  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Stethoscope> (1 February 2010, pukul 10.00 WIB)
14. Anonim.” Stetoskop”. <http://en.wikipedia.org/wiki/Stethoscope> (1 February 2010, pukul 10.00 WIB)

