



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN SISTEM INSTRUMENTASI UNTUK IDENTIFIKASI
DAN ANALISIS SUARA PARU-PARU MENGGUNAKAN DSP
TMS320C6416T**

SKRIPSI

MUCHAMMAD ZULFIKAR RAMADHAN

0706262501

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN SISTEM INSTRUMENTASI UNTUK IDENTIFIKASI
DAN ANALISIS SUARA PARU-PARU MENGGUNAKAN DSP
TMS320C6416T**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

MUCHAMMAD ZULFIKAR RAMADHAN

0706262501

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI FISIKA

DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muchammad Zulfikar Ramadhan

NPM : 0706262501

Tanda Tangan:



Tanggal : 5 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini telah diajukan oleh

Nama : Muchammad Zulfikar Ramadhan
NPM : 0706262501
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara Paru-Paru menggunakan DSP TMS320C6416T

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 Kusuma Wijaya

Penguji I : Dr. Santoso Soekirno

Penguji II : Dr. Musaddiq Musbach

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur hanya kepada Allah SWT yang selalu memberikan anugrah terindah-Nya kepada penulis dan telah menuntun penulis dalam menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, selesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan doa yang tulus dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini. Tanpa itu semua sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus - tulusnya kepada:

1. Mama dan Ayah tercinta, terima kasih untuk cinta, perhatian, dukungan, motivasi, doa dan semangat dalam setiap langkahku.
2. Dr. Sastra Kusuma Wijaya selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penulis dalam segala hal, baik dalam ilmu pengetahuan, nasehat, dorongan, semangat, waktu yang diberikan untuk berdiskusi serta segala fasilitas yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Dr. Santoso selaku penguji I dan Dr Musaddiq Musbach selaku penguji II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta mengoreksi hasil penelitian penulis. Terima kasih juga atas kesempatan dan waktu yang diberikan untuk berdiskusi dan juga saran-saran yang telah diberikan
4. Mas Rizal, Hilmi, Hilda, Ofi, dan Fira untuk support, motivasi, semangat dan doanya.
5. Khoiri Nieta S. yang selalu memberikan semangat, dukungan, doa serta motivasi untuk menyelesaikan penelitian.

6. Sahabat Instrument '07 Ady Prasetyo, Ferdiansyah, Wahid Hartiyoko, Deki S, Singkop, Imas, Rusyda T, Yulia, Husni Abdullah, Arif Rachmanto, Radityo, dan Jumari.
7. La Ode Husein dan bang Lindra yang telah bersedia meluangkan waktunya buat diskusi, dan telah memberikan ilmunya.
8. Rekan-rekan Fisika 2007 yang telah memberikan banyak dukungan serta masukan yang membangun.
9. Dosen-dosen instrumen. Pak Prawito, Pak Santoso, Pak Tony, Pak Marta, Pak Lingga, Pak Arif yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat.
10. Lek is dan Om Misbah yang telah memberikan banyak dukungan baik moral maupun materil.
11. Om Uki dan Om Revi yang telang bersedia meminjamkan alatnya dan membagi ilmunya.
12. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi 'guru' dalam kehidupan penulis.

Semoga skripsi ini dapat berguna bagi siapa saja yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 5 Juni 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muchammad Zulfikar Ramadhan
NPM : 0706262501
Program Studi : S1 Reguler Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

**Perancangan Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara
Paru-Paru menggunakan DSP TMS320C6416T**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan 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 : 5 Juni 2012

Yang menyatakan



(Muchammad Zulfikar Ramadhan)

ABSTRAK

Nama : Muchammad Zulfikar Ramadhan

Program Studi : Fisika

Judul : Perancangan Sistem Instrumentasi untuk Identifikasi dan Analisis Suara Paru-Paru menggunakan DSP TMS320C6416T.

Dalam melakukan diagnosa terhadap gejala penyakit paru-paru para dokter biasanya menggunakan stetoskop sebagai alat bantu dalam melakukan proses auskultasi. Namun proses auskultasi yang dihasilkan oleh dokter sering berbeda-beda hal ini dikarenakan adanya perbedaan kepekaan telinga dan pengalaman dokter yang bersangkutan. Dengan perancangan system instrumentasi untuk identifikasi dan analisis suara paru-paru menggunakan dsp tms320c6416t ini diharapkan akan membantu dalam menganalisa suara paru-paru terutama fokus pada suara normal dan suara adventitious. Interpretasi grafik dalam bentuk spectrogram dan scalogram akan mempermudah analisa suara paru-paru sekaligus mengatasi masalah keterbatasan pendengaran dalam proses auskultasi. Metode yang digunakan dalam analisa suara paru-paru meliputi transformasi fourier yang kemudian berkembang menjadi short time fourier transform (STFT) hingga tingkat lanjut seperti Wavelet transform digunakan sebagai tool untuk analisa suara paru-paru. Upaya filtering dengan filter digital agar dapat memperoleh suara paru-paru yang sebenarnya terletak pada frekuensi antara 100- 2000 Hz.

Kata kunci : Suara paru-paru, STFT, Wavelet, Vesicular, Bronchial, Wheeze, Crackles

ABSTRACT

Name : Muchammad Zulfikar Ramadhan

Study Program : Physics

Title : Designed of Instrumentation System for Lung Sound

Identification and Analysis Using DSP TMS320C6416T

In diagnosed the symptoms of lung disease, doctors usually use a stethoscope as an aid in the process of auscultation. However, the interpretation of auscultation process by a doctor is not usually same with another doctor. The reason has based on the differences in the sensitivity of the ear and the experience. Using tms320c6416t **dsp** as instrumentation system for identification and analysis of lung sound is expected to assist in analyzing lung sound that focus on normal and adventitious sounds. Interpretation of graphs in the form of the spectrogram and scalogram will simplify the analysis of lung sounds as well as minimize or avoid the limitations of hearing problems in the process of auscultation. The method used in lung sound analysis include Fourier transformation that developed into a short-time Fourier transform (STFT) till the next stage such as the wavelet transform that used as a tool for lung sounds analysis. Digital filter is used on the instrumentation system to distinguish lung sound signal from noise signal that have frequency between 100 and 2000 Hz.

Keywords : Lung Sound, STFT, Wavelet, Vesicular, Bronchial, Wheeze, Crackles

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Batasan Masalah.....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Definisi Suara Paru-paru	5
2.2 Jenis Suara Paru-paru	6
2.1.1 Suara Paru-paru Normal.....	7
2.1.2 Suara Paru-paru Abnormal.....	8
2.1.3 Suara Paru-paru Adventitious	9
2.3 Proses Auskultasi	11
2.4 Perangkat Keras	12
2.4.1 Stetoskop	13
2.4.2 Mikrofon	14
2.4.3 <i>Pre Amplifier</i>	15
2.4.3 <i>DSP Stater Kit TMS320C6416T</i>	17
2.5 Pengolahan sinyal digital	19
2.5.1 Tranformasi Fourier	19
2.5.2 Short Time Fourier Transform	21
2.5.2 Wavelet Transform	21
2.6 LabVIEW	24
2.6.1 LabVIEW Advance Signal Processing.....	25
2.6.2 LabVIEW DSP Module	26
BAB 3 PERANCANGAN ALAT.....	28
3.1 Perangkat Keras	29
3.1.1 Stetoskop dan <i>electret condenser microphone</i>	30
3.1.2 <i>Pre Amplifier</i>	33
2.5.2 <i>DSP Stater Kit TMS320C6416T</i>	35
3.2 Perangkat Lunak	40
3.2.1 Record Sound	40
3.2.2 Analisa .wav sinyal.....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	45

4.1 Penyajian Data Suara Paru-Paru Normal.....	45
4.1.1 Suara Paru-Paru Normal Vesicular.....	47
4.1.2 Suara Paru-Paru Normal Bronchovesicular	48
4.1 Suara Paru-Paru Normal Bronchial	49
4.2 Suara Paru-Paru Normal Tracheal.....	50
4.2 Penyajian Data Suara Paru-Paru Adventitious	52
4.2.1 Wheeze.....	52
4.2.1 Crackles.....	53
4.2.1 Plueral Rubs	55
4.2.1 Stridor.....	56
4.2.1 Ronchi.....	57
4.3 Penyajian Data Suara Paru-Paru Pengukuran Langsung.....	58
BAB 5 PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	66

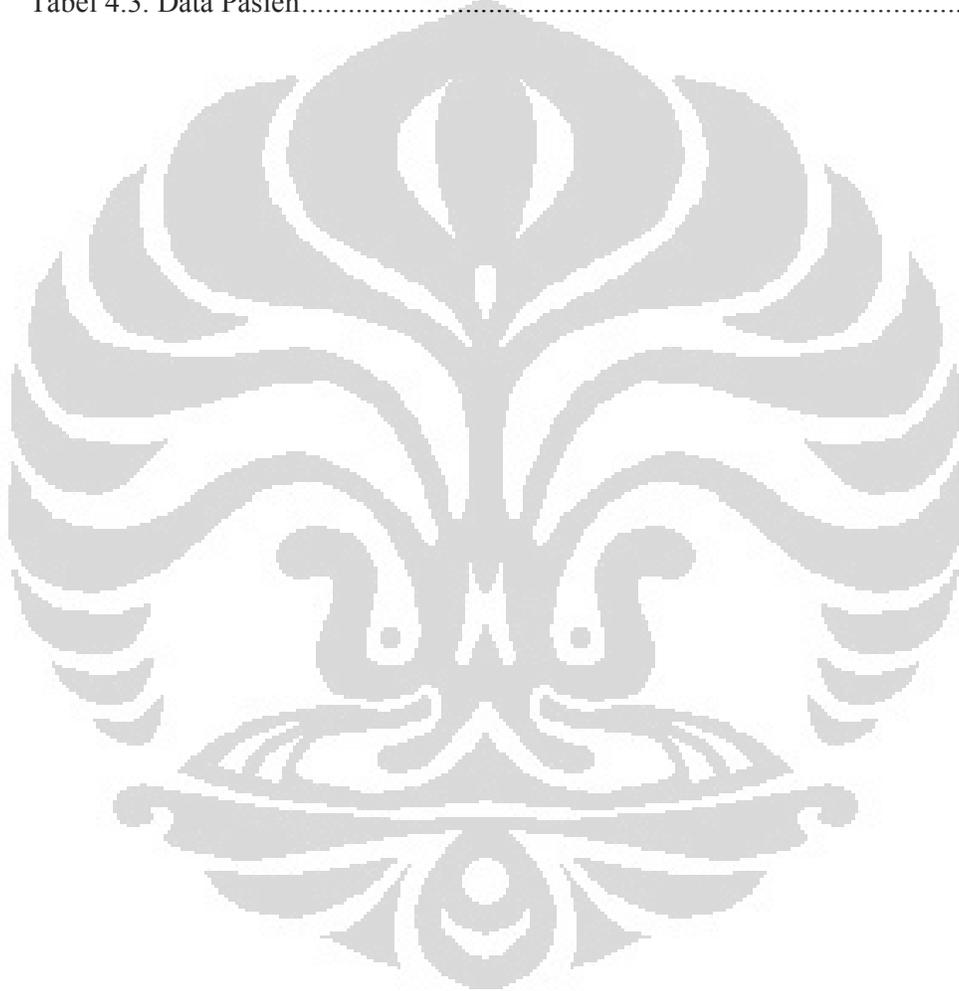


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sistem pernafasan manusia.....	5
Gambar 2.2. Kategori suara paru-paru normal berdasarkan posisis auskultasi....	8
Gambar 2.3. Lokasi proses auskultasi.....	12
Gambar 2.4. Stetoskop.....	13
Gambar 2.5. <i>Electret Condenser Microphone</i> CAD CM100.....	14
Gambar 2.6. Cara Kerja <i>Microphone Condenser</i>	15
Gambar 2.7. Rangkaian Pre amplifier.....	16
Gambar 2.8. Pre amplifier.....	17
Gambar 2.9. Skema <i>digital signal processing</i>	17
Gambar 2.10. Proses Scaling dan Sifting Pada Wavelet.....	23
Gambar 2.11. Fitur yang tersedia dalam <i>advance signal processing toolkit</i> dalam LabVIEW.....	25
Gambar 2.12. STFT Spectrogram vi dalam labVIEW.....	26
Gambar 2.13. Fungsi wavelet scalogram dalam LabVIEW.....	26
Gambar 3.1. Blok diagram perancangan sistem.....	29
Gambar 3.2. Foto alat.....	29
Gambar 3.3. Cara Kerja <i>Microphone Condenser</i>	31
Gambar 3.4. Stetoskop dan <i>Electret Condenser Microphone</i>	32
Gambar 3.5. Pre amplifier Tube Ultragain Mic100.....	33
Gambar 3.6. konfigurasi koneksi antara mikrofon dengan pre amplifier dan pre amplifier dengan DSP.....	34
Gambar 3.7. Diagram Blok DSK.....	36
Gambar 3.8. Proses pada sistem DSP.....	38
Gambar 3.9. Sistem kerja DSP.....	39
Gambar 3.10. Blok diagram program filter lowpass di DSP.....	41
Gambar 3.11. Blok diagram program record sound suara paru-paru PC Host.....	42
Gambar 3.12. Program identifikasi dan analisa suara paru.....	43
Gambar 4.1. Kategori suara paru-paru normal berdasarkan posisis auskultasi..	46
Gambar 4.2. Front Panel Suara Paru-Paru Normal Vesicular.....	47
Gambar 4.3. Front Panel Suara Paru-Paru Normal Bronchial.....	48
Gambar 4.4. Front Panel Suara Paru-Paru Normal Bronchovesicular.....	49
Gambar 4.5. Front Panel Suara Paru-Paru Normal Tracheal.....	50
Gambar 4.6. Front panel suara paru-paru wheezing.....	52
Gambar 4.7. Front panel suara paru-paru Fine crackles.....	54
Gambar 4.8. Front panel suara paru-paru coarse crackles.....	54
Gambar 4.9. Front panel suara paru-paru <i>pleural rub</i>	55
Gambar 4.10. Front panel suara paru-paru stridor.....	56
Gambar 4.11. Front panel suara paru-paru <i>Ronchi</i>	57
Gambar 4.12. Front panel suara pasien 1.....	60
Gambar 4.13. Front panel suara pasien 2.....	61
Gambar 4.14. Front panel suara pasien 3.....	62
Gambar 4.15. Front panel suara pasien 4.....	63
Gambar 4.16. Front panel suara pasien 5.....	64

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kategori suara paru-paru	6
Tabel 2.2. Range frekuensi sinyal suara pada saat auskultasi	7
Tabel 2.3. Jenis suara paru-paru normal.....	8
Tabel 4.1. Hasil analisa Perbedaan kategori suara paru-paru normal.....	51
Tabel 4.1. Frekuensi suara paru-paru normal dan adventitious.....	58
Tabel 4.1. Hasil analisa intensitas suara paru-paru normal.....	58
Tabel 4.1. Hasil analisa durasi suara paru-paru normal	58
Tabel 4.3. Data Pasien.....	59



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam melakukan diagnosa suara paru-paru biasanya para dokter menggunakan stetoskop akustik, teknik ini dikenal dengan nama teknik auskultasi. Stetoskop berasal dari bahasa Yunani yaitu *stéthos* yang berarti dada dan *skopé* yang berarti pemeriksaan. Jadi stetoskop adalah sebuah alat medis akustik yang berfungsi untuk auskultasi, atau mendengarkan suara-suara internal tubuh, seperti suara jantung dan paru-paru.

Stetoskop ditemukan di Perancis pada 1816 oleh René-Théophile-Hyacinthe Laennec. Waktu itu stetoskop terdiri dari tabung kayu. Tahun 1851, Arthur Binaural Leared menciptakan stetoskop dari karet dan pada tahun 1852 George Cammann menyempurnakan desain stetoskop dan mulai diproduksi untuk tujuan komersial.

Rappaport dan Sprague merancang stetoskop baru di tahun 1940-an, yang merupakan cikal bakal standar ukuran stetoskop masa kini, terdiri dari dua sisi, salah satunya adalah digunakan untuk sistem pernapasan, dan yang lainnya digunakan untuk sistem kardiovaskular. Pada awal tahun 1960 Dr. David Littmann, seorang profesor Harvard Medical School, menciptakan stetoskop baru yang lebih ringan dibandingkan model-model sebelumnya hingga akhir tahun 1970 ditemukan sistem diafragma yang meningkatkan hasil pendengaran.

Namun penggunaan stetoskop akustik dalam diagnosa pasien sangat subjektif. Suara paru-paru pada beberapa kasus penyakit paru-paru memiliki frekuensi yang cukup rendah yaitu sekitar 20-400 Hz, amplitudo yang rendah, kepekaan telinga, masalah kebisingan lingkungan. karena faktor-faktor tersebut peluang kesalahan yang terjadi dalam diagnosa pasien akan semakin besar. Hal ini dapat tergantung kepekaan telinga dan pengalaman dari dokter yang bersangkutan. Kelemahan lainnya yaitu suara data paru-paru yang menjadi pedoman tidak dapat tersimpan

sehingga tidak dapat diperdengarkan dengan dokter-dokter lain sebagai bahan diskusi.

Oleh karena itu stetoskop elektronik mampu menjadi solusi untuk mengurangi kelemahan-kelemahan yang ada pada stetoskop akustik. Teknik pengolahan sinyal yang ada pada stetoskop elektronik mampu menghilangkan noise dari sinyal suara paru-paru sehingga suara yang terdengar akan semakin jelas. Sinyal suara paru-paru juga dapat direkam dan diperdengarkan kembali. Dengan perancangan sistem suara paru-paru dengan menggunakan DSP TMS320C6416DSK ini tingkat subjektivitas dokter dalam menggunakan stetoskop dapat dikurangi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mempelajari dan mengamati proses auskultasi suara paru-paru
2. Mengetahui berbagai jenis suara paru-paru
3. Membuktikan keefektifan metode transformasi fourier (FFT), short time fourier transform (STFT), dan Wavelet dalam analisa suara paru-paru.
4. Identifikasi dan analisis spektogram dan scalogram dari berbagai jenis suara paru-paru

1.3 Batasan Masalah

Perancangan sistem instrumentasi untuk identifikasi dan analisis suara paru-paru menggunakan DSP TMS320C6416T ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis suara paru-paru dengan metode *Fast Fourier Transform*, *Short Time Fourier Transform* dan *Wavelet Transform*. Teknik pengolahan sinyal dilakukan dengan menggunakan *software* LABVIEW. Penelitian ini difokuskan pada perancangan stetoskop, akuisisi data, processing sinyal suara paru-paru dan interpretasi untuk identifikasi sinyal suara paru-paru.

1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari 3 tahap utama :

1. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan bertujuan untuk memperoleh berbagai informasi mengenai jenis-jenis dan karakteristik suara paru-paru. Informasi ini diperoleh dari berbagai sumber seperti buku-buku, diskusi dengan dosen, diskusi dengan mahasiswa lainnya, internet dan lain-lain.

2. Studi Perancangan Alat

Studi perancangan alat bertujuan untuk mempelajari karakteristik dan spesifikasi alat yang digunakan.

3. Uji coba Alat

Uji coba alat bertujuan untuk membuktikan tingkat keefektifan alat yang telah dibuat dengan menggunakan DSP TMSK320C6416TMSK berbasis software Labview.

Penelitian yang dilakukan memiliki tahapan dalam pelaksanaan, pembuatan dan analisis antara lain meliputi :

- a. Studi Literatur
- b. Diskusi
- c. Pembuatan Software
- d. Pembuatan Alat
- e. Pengambilan Data
- f. Analisis dan Pembahasan
- g. Kesimpulan
- h. Penulisan Skripsi

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini secara singkat dijelaskan sebagai berikut:

1. BAB 1 Pendahuluan

Bab ini terdiri dari latar belakang, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

2. BAB 2 Landasan Teori

Pada bab ini memuat secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian .

3. BAB 3 Perancangan Alat

Bab ini memuat penggunaan Stetoskop akustik, *electret* mikrofon kondenser, Pre amplifier, DSP TMS320C6416T, dan perancangan perangkat lunak yang dilakukan dengan menggunakan *software* Labview dalam perancangan sistem identifikasi dan analisis suara paru-paru .

4. BAB 4 Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan hasil pengujian alat dan analisa masing-masing data penelitian.

5. BAB 5 Penutup

Pada bab ini penulis akan memamparkan kesimpulan dari analisa dan pembahasan penelitian ini.

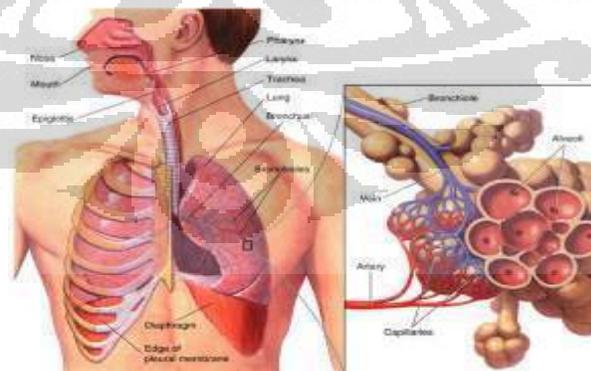
BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Definisi Suara Paru-paru

Suara paru-paru merupakan bagian dari suara pernafasan (*respiratory sound*). Suara pernafasan meliputi suara pada mulut dan trakea sedangkan suara paru-paru sendiri terjadi pada bagian sekitar dada (*chest wall*) [1]. Di dalam paru-paru manusia terdapat suara yang terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan. Adanya perbedaan lebar saluran udara pada sistem pernafasan menyebabkan udara mengalir dari saluran udara yang lebar ke saluran yang lebih sempit atau sebaliknya sehingga mengakibatkan terjadi turbulensi.

Pada proses pernafasan dibagi dua bagian proses yaitu proses inspirasi dan proses ekspirasi. Proses inspirasi yaitu proses pada saat kita menghirup udara ke dalam paru-paru dan proses ekspirasi yaitu proses pada 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 2.1 Sistem pernafasan manusia

Pada saat inspirasi, udara mengalir dari saluran udara yang lebih luas ke saluran udara yang lebih sempit sehingga turbulensi yang terjadi lebih kuat sedangkan pada saat ekspirasi terjadi sebaliknya. Ini menyebabkan pada saat inspirasi suara yang terdengar lebih keras [2]. Secara umum suara paru-paru dibagi menjadi 3 kategori, yaitu suara normal, suara abnormal dan suara tambahan (*adventitious*). Suara-suara tersebut dibagi dalam beberapa kategori berdasarkan *pitch*, intensitas, lokasi dan rasio inspirasi dan ekspirasi .

2.2 Jenis Suara Paru-paru

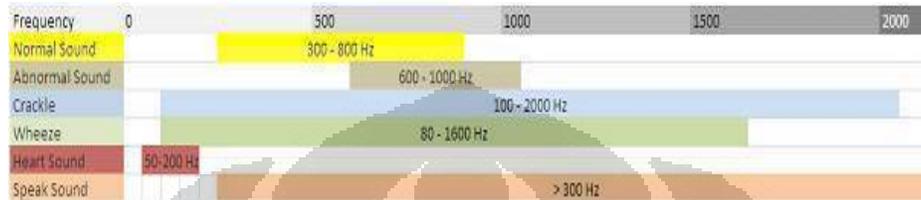
Secara umum, suara paru-paru dikategorikan berdasarkan intensitas, *pitch*, lokasi, dan rasio inspirasi dan ekspirasi. Suara paru-paru terbentuk dari turbulensi aliran udara. Pada inspirasi, udara bergerak ke saluran udara yang lebih sempit dengan alveoli sebagai akhirnya. Saat udara menabrak dinding saluran pernafasan, terbentuk turbulen dan menghasilkan suara. Pada saat ekspirasi, udara mengalir ke arah yang berlawanan menuju saluran pernafasan yang lebih lebar. Turbulen yang terjadi lebih sedikit, sehingga pada ekspirasi normal terbentuk suara yang lebih kecil dibanding inspirasi. Suara pernafasan dapat dibagi-bagi dalam beberapa kategori seperti pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Kategori suara paru-paru

Suara paru-paru		
Normal	Abnormal	Adventitious
Tracheal	Absent/Decreased	Crackles (Rales)
Vesicular	Harsh Vesicular	Wheeze
Bronchial		Stridor
Bronchovesicular		Rhonchi
		Pleural rub

Suara paru-paru terutama pada suara paru-paru adventitious terletak pada range frekuensi 100-2000 Hz dan suara paru-paru abnormal pada range frekuensi 600-1000 Hz [1].

Tabel 2.2 Range frekuensi sinyal suara pada saat auskultasi

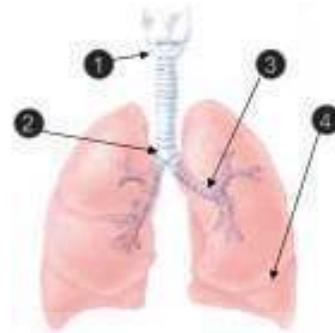


2.2.1 Suara paru-paru normal

Klasifikasi suara paru-paru normal dibagi atas empat bagian. Klasifikasi ini didasarkan atas posisi stetoskop pada saat melakukan proses auskultasi. Apabila sinyal suara paru-paru diambil pada bagian *bronchial* maka akan disebut *bronchial sound*, apabila sinyal suara paru-paru diambil pada bagian vesicular maka akan disebut vesicular sound, dan demikian selanjutnya pada bagian *tracheal* dan *bronchovesicular*.

Pembagian Suara paru-paru normal sebagai berikut:

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



Gambar 2.2 Kategori suara paru-paru normal berdasarkan posisi auskultasi

Tabel 2.3 Jenis 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 daerahi trakea

2.2.2 Suara paru-paru abnormal

Suara paru-paru dapat digolongkan pada suara abnormal apabila normal sound terdengar ditempat yang tidak seharusnya pada bagian interior dan posterior pada saat melakukan proses auskultasi. Bagian dari suara abnormal seperti contohnya sebagai berikut:

a) *Absent atau Decreased Breath Sound*

Terkadang suara paru-paru tidak terdengar pada bagian dada, atau suara menghilang. Hal ini bisa berarti ada suatu masalah pada bagian tersebut. Hal ini dapat disebabkan penyakit berupa daging yang tumbuh hingga paru-paru mengecil.

b) 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*.

c) Bronchial

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

2.2.3 Suara paru-paru Adventitious

a) Crackles

Crackles adalah jenis suara yang bersifat discontinuous, suara ini umumnya lebih terdengar pada proses inspirasi. Suara *crackles* ini sering dikenal dengan nama *rales* atau *crepitation*. Suara ini diklasifikasikan sebagai *fine* (*pitch* tinggi, lembut, sangat singkat) atau *coarse* (*pitch* rendah, lebih keras, tidak terlalu singkat). Spektrum frekuensi suara crackles antara 100-2000 Hz [3] [4].

Suara Crakles dihasilkan akibat dua proses mekanisme umum yang terjadi yaitu:

- Ketika terdapat saluran udara yang sempit (hampir tertutup) tiba-tiba terbuka hingga menimbulkan suara mirip seperti suara “plop” yang terdengar saat bibir yang dibasahi tiba-tiba dibuka. Ketika ini terjadi pada daerah *bronchioles* maka akan tercipta *fine crackles*.
- Atau ketika gelembung udara keluar pada *pulmonary edema*.

Kondisi penyebab terjadinya crackle:

- ARDS
- *Asthma*
- *bronchiectasis*
- *chronic bronchitis*
- *consolidation*

- *early CHF*
- *interstitial lung disease*
- *pulmonary edema*

b) Wheeze

Wheezes merupakan jenis suara yang bersifat kontinu, memiliki *pitch* tinggi, lebih sering terdengar pada proses ekspirasi. Suara ini terjadi saat aliran udara melalui saluran udara yang menyempit karena sekresi, benda asing atau luka yang menghalangi. perlu diperhatikan jika *wheeze* terjadi dan terdapat perubahan setelah bernafas dalam atau batuk. Suara *wheeze* dapat digolongkan menjadi dua macam yaitu:

- Suara *monophonic* adalah suara yang terjadi karena adanya blok pada satu saluran nafas, biasanya sering terjadi saat tumor menekan dinding bronchioles
- Suara *Polyphonic* adalah suara yang terjadi karena adanya blok pada semua saluran nafas atau terdapat bermacam –macam lekukan hambatan saat proses ekspirasi.

Wheeze yang terdengar akan menandakan peak ekspirasi yang 50% lebih rendah dibanding pernafasan normal. Kadang kala ronchi dijadikan sinonim lain dari wheeze tetapi juga mempunyai hal yang berbeda [5].

Kondisi yang menyebabkan *wheezing*:

- *asthma*
- *CHF*
- *chronic bronchitis*
- *COPD*
- *Pulmonary edema*

c) Ronchi

Rhonchi merupakan jenis suara yang bersifat kontinu, memiliki *pitch* rendah, suara mirip seperti *wheeze*. Tetapi dalam ronchi jalan udara lebih besar, atau sering disebut *coarse rattling sound*. Suara ini biasanya menunjukkan halangan pada saluran udara yang lebih besar oleh sekresi.

d) Stridor

Stridor merupakan suara *wheeze* inspirasi yang terdengar keras pada *trachea*. Stridor menunjukkan indikasi luka pada *trachea* atau pada *larynx* sehingga sangat dianjurkan pertolongan medis segera diberikan.

e) Pleural Rub

Pleural rubs merupakan suara menggesek atau menggeretak yang terjadi pada saat permukaan pleural membengkak atau menjadi kasar dan menggesek satu dengan yang lain. Suaranya dapat bersifat kontinu atau diskontinu. Biasanya terlokasi pada suatu tempat di dinding dada dan terdengar selama fase inspirasi atau ekspirasi.

Kondisi yang menyebabkan pleural rub:

- *pleural effusion*
- *pneumothorax*

2.3 Proses Auskultasi

Auskultasi merupakan teknik yang dilakukan untuk melakukan diagnosis dengan mendengarkan suara biologis yang dihasilkan oleh tubuh. Proses auskultasi merupakan suatu hal yang penting karena membutuhkan teknik yang efektif dan klinis yang akan dipelajari untuk mengevaluasi fungsi pernafasan seorang pasien [6]. Suara yang biasa didengarkan dengan teknik ini misalnya suara jantung dan suara paru. Teknik ini menggunakan alat bantu yaitu berupa stetoskop. Masalah yang timbul dalam auskultasi adalah suara biologis biasanya menempati frekuensi yang cukup rendah sekira 20 – 400 Hz, amplitudo yang rendah, masalah kebisingan lingkungan, kepekaan telinga dan pola suara yang mirip antara jenis suara jantung yang satu dengan yang lain.

Karena faktor-faktor tersebut, kesalahan diagnosis bisa terjadi apabila prosedur auskultasi tidak dilakukan dengan benar.

Auskultasi menggunakan diafragma stetoskop. Pada saat pemeriksaan pasien hendaknya tidak berbicara dan tidak bernafas dalam menggunakan mulut, dan tidak hiperventilasi. Paling tidak harus didengar satu nafas lengkap untuk tiap lokasi. Hal yang sangat penting bahwa nafas yang didengarkan harus dibandingkan dengan sisi yang berlawanan. Ada 12 lokasi auskultasi pada dada anterior dan ada 14 lokasi posterior. Secara umum yang harus didengar paling tidak 6 lokasi pada anterior dan 6 lokasi di posterior. berikut gambar lokasi untuk auskultasi.



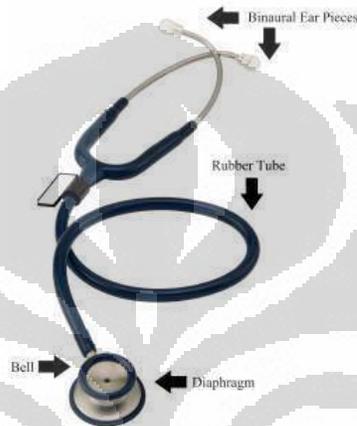
Gambar 2.3 Lokasi proses auskultasi

2.4 Perangkat Keras

Sinyal analog suara paru-paru akan diakuisisi dalam bentuk digital. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi stetoskop, *electrets condenser microphone*, pre amplifier, DSP TMS320C6416T dan *soundcard* komputer.

2.4.1 Stetoskop

Stetoskop (bahasa Yunani: *stethos*, dada dan *skopeein*, memeriksa) adalah sebuah alat medis akustik untuk memeriksa suara dalam tubuh. Stetoskop banyak digunakan untuk mendengar suara jantung dan pernapasan, meskipun dapat juga digunakan untuk mendengar intestine dan aliran darah dalam arteri dan vena.



Gambar 2.4 Stetoskop

Stetoskop akustik berfungsi untuk menyalurkan suara dari bagian dada, melalui tabung kosong berisi-udara, ke telinga pendengar. Bagian *chestpiece* terdiri dari dua sisi bagian yaitu *diaphragm* dan *bell* yang dapat diletakkan dibagian dada pasien untuk memperjelas suara tubuh. Ketika *diaphragm* diletakkan di pasien, suara tubuh menggetarkan *diaphragm*, menciptakan tekanan gelombang akustik yang berjalan sampai ke *rubber tube* hingga terdengar pada bagian *ear piece* yang diletakkan ditelinga.

Stetoskop ditemukan oleh René-Théophile-Hyacinthe Laennec pada tahun 1816 di Perancis . Pada saat itu stetoskop terdiri dari tabung kayu. Rappaport dan Sprague merancang stetoskop baru di tahun 1940-an, yang merupakan cikal bakal standar ukuran stetoskop masa kini, terdiri dari dua sisi, salah satunya adalah digunakan untuk sistem pernapasan, dan yang lainnya digunakan untuk sistem kardiovaskular.

Arthur Binaural Leared pada tahun 1851, menciptakan stetoskop dari karet dan setahun setelahnya George Cammann menyempurnakan desain stetoskop dan mulai diproduksi untuk tujuan komersial. Pada awal tahun 1960 Dr. David Littmann, seorang profesor Harvard Medical School, menciptakan stetoskop baru yang lebih ringan dibandingkan model-model sebelumnya hingga akhir tahun 1970 ditemukan sistem diafragma yang meningkatkan hasil pendengaran.

2.4.2 Mikrofon

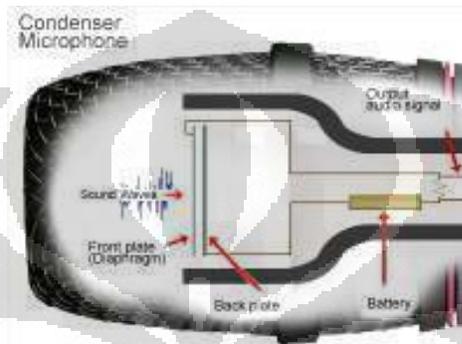
Mikrofon merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal suara dan menghasilkan sinyal elektrik berupa tegangan atau arus yang proporsional terhadap sinyal suara. Mikrofon memberikan nilai output sinyal analog yang sebanding dengan perubahan tekanan akustik bergantung pada fleksibilitas diafragma. Sinyal listrik kemudian digunakan untuk pengiriman, perekaman atau pengukuran pada karakteristik sinyal akustik.

Salah satu jenis mikrofon yang biasa digunakan untuk kepentingan musikal adalah tipe *condenser*. *Condenser* atau yang lebih dikenal kapasitor merupakan komponen elektronika yang mampu menyimpan energi dalam bentuk medan elektrostatis. Untuk dapat bekerja, *Condenser microphone* memerlukan *power* dari baterai atau suplai eksternal. Sinyal audio yang dihasilkan oleh tipe *condenser* lebih kuat dibandingkan dengan tipe yang lainnya. *Condenser* juga lebih sensitif dan responsif sehingga tepat digunakan untuk mengambil perbedaan pada suara. Namun tipe ini tidak cocok digunakan pada volume tinggi karena sensitifitasnya membuat mudah terdistorsi.



Gambar 2.5 *Electret Condenser Microphone CAD CM100*

Cara kerja *condenser microphone* yaitu didalam *condenser microphone* terdapat kapasitor yang terdiri dari dua keping lempeng atau plat yang keduanya mempunyai tegangan (*voltage*). Salah satu plat dibuat dari bahan yang sangat tipis dan berfungsi sebagai diafragma (rongga). Ketika gelombang suara mengenai diafragma, maka diafragma akan bergetar dan merubah jarak pada kedua lempengan sehingga merubah nilai kapasitansinya.



Gambar 2.6 Cara Kerja *Microphone Condenser*

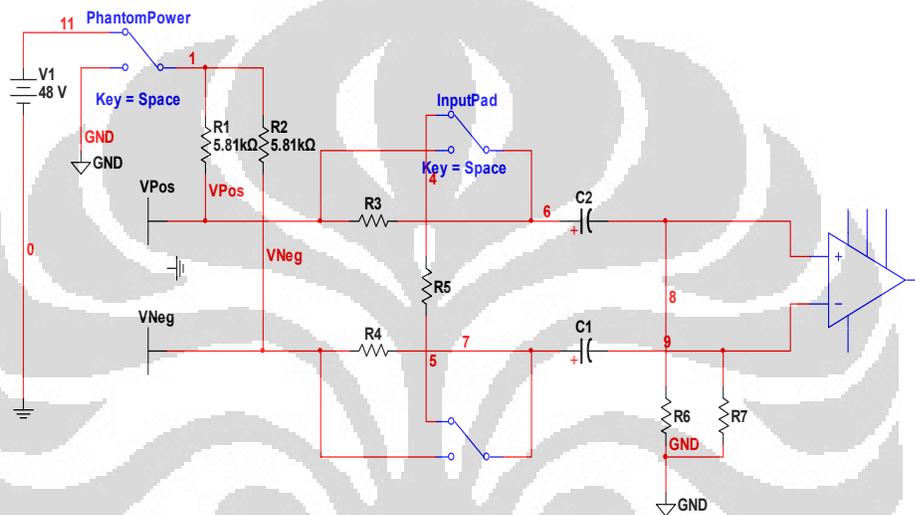
Ketika kedua lempengan saling berdekatan, nilai kapasitansi naik dan terjadi pengisian arus. Ketika kedua lempengan saling berjauhan, nilai kapasitansi turun dan terjadi pengosongan arus. Agar *condenser microphone* dapat bekerja maka diperlukan tegangan yang melewati kapasitor. Tegangan ini dapat disuplai oleh batere maupun oleh *phantom power* eksternal.

Phantom power merupakan metode untuk mengirimkan tegangan DC melalui kabel mikrofon. Salah satu desain alternatif untuk mikrofon condenser adalah *electret condenser microphone*, menggunakan kapasitor jenis khusus yang memiliki tegangan permanen yang dibuat *built in*. Sehingga mikrofon ini tidak memerlukan tegangan atau *phantom power* eksternal. Perbedaannya dengan *condenser microphone* hanya terletak pada suplai power, namun secara keseluruhan cara kerja kedua mikrofon ini sama.

2.4.3 Pre Amplifier

Pre amplifier merupakan sebuah alat elektronik yang mengolah atau memproses sinyal elektronik sebelum masuk ke dalam amplifer. Rangkaian dari pre amplifier

dapat menjadi satu dengan transducer sebelum amplifier ataupun dalam rangkaian yang terpisah. Jadi pre amplifier merupakan bagian yang berfungsi menguatkan daya sinyal yang dikeluarkan oleh input sinyal. Atau dengan kata lain, penguat awal berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang masih lemah. Adapun sinyal yang dikuatkan oleh penguat awal adalah amplitud tegangan sinyal, sehingga dihasilkan intensitas tegangan sinyal audio yang akan dikuatkan lagi oleh power amplifier.



Gambar 2.7 Rangkaian dasar pre amplifier *mic condenser*

Gambar 2.7 merupakan rangkaian dasar dari pre amplifier untuk *microphone condenser* sehingga input pre amplifier ini yaitu *microphone condenser*. Pre amplifier perlu menyediakan arus dc untuk memberikan supply arus bias input amplifier. Rangkaian ini juga menyediakan phantom power yang digunakan untuk mengirimkan tegangan dc 48 volt agar *microphone condenser* dapat digunakan. C1 dan C2 digunakan untuk memblokir tegangan 48 V yang berasal dari amplifier input. Resistor 6,81KΩ merupakan resistor spesifik yang digunakan dalam standar phantom power 48 V. Input pad digunakan untuk mengatur sinyal attenuator sebelum dihubungkan ke power amplifier atau device lainnya. Input pad ini tidak digunakan untuk mengatur atenuasi *common mode signal*.



Gambar 2.8 Pre amplifier

Secara umum fungsi dari pre amplifier adalah untuk menguatkan sinyal dari low level ke line level. Line level merupakan kekuatan tertentu dari sinyal audio yang digunakan untuk mengirimkan suara analog antara komponen audio seperti CD dan DVD player, TV, amplifier audio, dan konsol mixing. Jadi sinyal yang keluar dari transduser masuk ke dalam rangkaian pre amplifier dalam rangkaian tersebut memproses sinyal elektronik yang masuk, di olah ke level-level tertentu yang kemudian diteruskan ke dalam amplifier atau peralatan elektronik lainnya. Dalam penelitian ini sinyal keluaran dari pre amplifier akan dihubungkan ke line in DSK untuk dilakukan filtering lowpass sebelum direkam dalam personal computer(sound card).

2.4.4 DSP TMS320C6416T

DSP merupakan singkatan dari *Digital Signal Processing* yang dapat diartikan sebagai device pemrosesan sinyal digital. DSP merupakan suatu rangkaian terintegrasi sejenis *microprocessor* yang dirancang khusus untuk melakukan pemrosesan data diskrit dengan kecepatan tinggi seperti *fast fourier transform* dan *filtering*.

Gambar 2.9 Skema *digital signal processing*

Seperti blok diagram diatas, sinyal input analog yang berkesinambungan dalam waktu dan amplitude yang pada umumnya sering djumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh sinyal analog seperti tegangan , arus, tekanan, intensitas cahaya dan

lain-lain. Sebuah transducer digunakan untuk mengubah suatu sinyal non listrik ke sinyal listrik analog (tegangan). Sinyal analog tersebut akan diumpankan ke filter analog untuk membatasi rentang frekuensi sebelum melakukan pengambilan proses sampel. Tujuan proses *filtering* atau penyaringan yaitu untuk secara signifikan melemahkan distorsi aliasing. Sinyal band terbatas pada output filter analog kemudian akan disampel dan diubah melalui unit ADC ke dalam sinyal digital, baik dalam diskrit waktu dan amplitudo.

Prosesor DS kemudian menerima sinyal digital dan memproses data digital menurut aturan DSP seperti filtering digital lowpass, highpass dan bandpass, atau algoritma lain untuk aplikasi yang berbeda [7]. Hal ini menunjukkan bahwa unit prosesor DS merupakan jenis khusus dari komputer digital dan dapat digunakan untuk tujuan umum digital komputer, mikroprosesor, atau mikrokontroler. Lebih jauh lagi, DSP dapat diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak secara umum.

Dengan menggunakan DSP dan perangkat lunak yang sesuai, diproses sinyal output digital yang dihasilkan. Sinyal ini akan berperilaku sesuai dengan algoritma khusus yang digunakan. Pada unit DAC berfungsi untuk mengubah sinyal digital olahan ke sinyal keluaran analog. Seperti terlihat, sinyal kontinu dalam waktu dan dalam diskrit amplitudo (biasanya sinyal *sample and Hold*). Blok terakhir dalam Gambar 2. ditetapkan sebagai fungsi untuk memperlancar tingkat output DAC tegangan kembali ke sinyal analog melalui rekonstruksi filter untuk aplikasi dunia nyata.

Secara umum, proses sinyal analog tidak memerlukan perangkat lunak, algoritma, ADC, dan DAC. Pengolahan ini bergantung sepenuhnya pada listrik dan elektronik perangkat seperti resistor, kapasitor, transistor, penguat operasional, dan sirkuit terpadu (IC). Sistem DSP di sisi lain, menggunakan perangkat lunak, pengolahan digital, dan algoritma sehingga mereka memiliki banyak fleksibilitas, gangguan kebisingan kurang, dan tidak ada sinyal distorsi dalam berbagai aplikasi. Namun, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. sistem DSP masih memerlukan pengolahan analog minimum seperti anti-aliasing dan rekonstruksi

filter, yang merupakan suatu keharusan untuk mengubah informasi analog ke dalam bentuk digital dan kembali dari bentuk digital ke informasi analog.

Program untuk DSK hanya akan berjalan untuk DSK, biasanya program ini berisi program kontrol DSP dan program aplikasi pemrosesan sinyal digital seperti filter, FFT, konvolusi dan lain-lain. Program untuk PC Host bersifat optional tidak harus dibuat, sebab program DSP dapat berjalan sendiri tanpa bantuan program PC, program PC hanya berfungsi sebagai program pembantu terhadap program DSP [8].

Pada perancangan sistem instrumentasi dalam penelitian suara paru-paru ini penulis menggunakan DSP sebagai filter lowpass. Filter yang digunakan yaitu filter lowpass dengan frekuensi cut off sebesar 2000 Hz. Pemilihan frekuensi cut off 2000 Hz ini atas dasar penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa suara paru-paru terletak pada frekuensi dibawah 2000 Hz. Pembuatan program pada penelitian ini tidak menggunakan bahasa pemrograman C ataupun assembler, namun penulis menggunakan bahasa pemrograman LabVIEW 8.6 dengan memanfaatkan toolkit DSP Module untuk memprogram DSP TMS320C6416T.

2.5 Pengolahan Sinyal Digital

Setelah diperoleh data digital dengan akuisisi data, selanjutnya dibutuhkan pengolahan data tersebut untuk keperluan analisa suatau grafik yang diperoleh, respon frekuensi atau analisa lainnya. Pada penelitian ini penulis menggunakan tiga metode untuk membantu dalam menganalisa suara paru-paru. Tiga metode yang digunakan yaitu: *Fast Fourier Transform* (FFT), *Short Time Fourier Transform* (STFT), serta *Wavelet Transform* (WT).

2.5.1 Tranformasi Fourier

Tranformasi Fourier diawali di abad ke 19 tepatnya pada tahun 1822 oleh seorang matematikawan Prancis yang bernama Jean Baptiste Fourier. Dalam penelitiannya Fourier berhasil menunjukkan bahwa semua fungsi yang bersifat periodik (sinyal) dalam waktu dapat diekspresikan sebagai fungsi penjumlahan (integral) trigonometri sinus dan cosinus dari berbagai frekuensi. Tidak peduli

Universitas Indonesia

bagaimanapun rumitnya bentuk dari sinyal, selama sinyal tersebut periodik dan memenuhi beberapa kondisi matematika, maka sinyal tersebut dapat direpresentasikan dalam penjumlahan fungsi sinus dan cosinus.

Tranformasi fourier merupakan salah satu dari beberapa metode matematika yang berguna dalam 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.

Fourier mendefinisikan tranformasi sinyal dari kawasan waktu ke kawasan frekuensi dengan rumus:

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

Sebaliknya untuk mengubah sinyal dari kawasan frekuensi menjadi kawasan waktu (melakukan invers) dengan menggunakan rumus:

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

$X(f)$ merupakan spektrum, dimana f mewakili frekuensi. Dan $x(t)$ merupakan sinyal asli dalam kawasan waktu. Bilangan j yang muncul merupakan bilangan kompleks (akar -1). Batas atas dan batas bawah dari integral adalah plus minus tak berhingga yang menyatakan bahwa sinyal tersebut merupakan sinyal kontinu (periodik) dari rentang minus tak berhingga sampai plus tak berhingga.

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

Persamaan analisis Transformasi langsung waktu diskrit

$$X(\omega) = \sum_{n=-N}^{\infty} x(n) \cdot e^{-j\omega n} \quad (2.3)$$

Persamaan sintesis Transformasi invers waktu diskrit

$$x(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega) \cdot e^{-j\omega n} d\omega \quad (2.4)$$

2.5.2 Short Time Fourier Transform (STFT)

Salah satu metode yang digunakan dalam analisis sinyal non-stasioner yaitu Short time fourier transform. Hanya sedikit perbedaan antara *Fourier Transform* (FT) dan *Short Time Fourier Transform* (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:

$$STFT(t, f) = \int_{t'} [x(t) \cdot w^*(t - t')] \cdot e^{-j\omega t} dt \quad (2.5)$$

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 $-j\omega t$ 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 [9].

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

$$w(t) = e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} \quad (2.6)$$

dimana a merupakan panjang dari *window* dan t merupakan waktu.

2.5.3 Wavelet Transform (WT)

Wavelet merupakan salah satu metoda yang digunakan dalam menganalisa sinyal stasioner. 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 [10].

Sifat terpenting dari wavelet adalah lokalisasi waktu-frekuensi (*time frequency localization*). Sehingga analisis dengan metoda wavelet dapat menyajikan sinyal secara detil, lokal 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:

$$cwt_x^\psi(\tau, s) = \psi_x^\psi(t, s) = \int x(t) \cdot \psi_{t,s}^*(t) dt \quad (2-7)$$

Dimana fungsi dari $\psi_{t,s}$ merupakan fungsi dari mother wavelet.

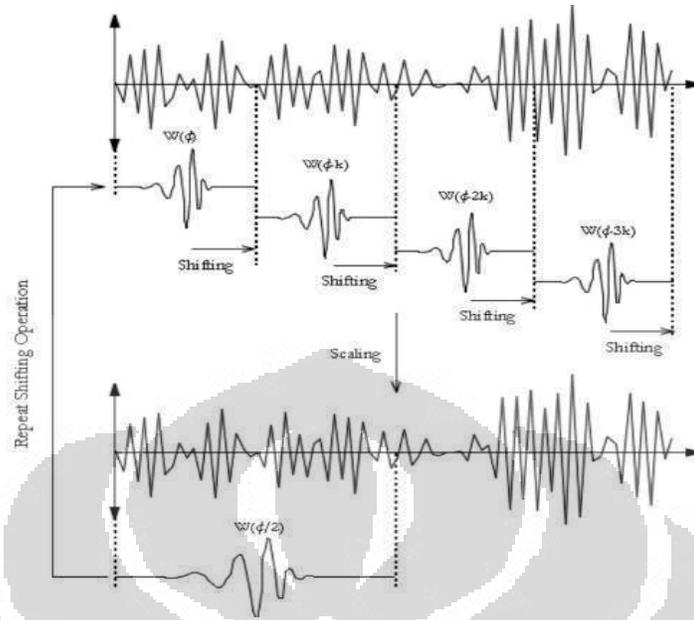
$$\psi_{t,s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-\tau}{s}\right) \quad (2-8)$$

Sehingga persamaan dari countinus wavelet dapat ditulis sebagai berikut:

$$cwt_x^\psi(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{s}} \int x(t) \cdot \psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt \quad (2-9)$$

dengan τ = fungsi translasi,

s = fungsi skala.



Gambar 2.10 Proses Scaling dan Shifting 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 transformasi 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. [11].

Wavelet adalah 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. Kepentingan penggunaan wavelet ini 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). Pada transformasi fourier akan didapat informasi frekuensi namun informasi mengenai waktu tidak ada [12]. Sedangkan dengan menggunakan metode STFT akan memberikan representasi waktu dan frekuensi. Representasi waktu dan frekuensi ini cocok digunakan untuk analisis sinyal non-stasioner [13].

2.6 LabVIEW

LabVIEW adalah bahasa pemrograman computer grafik yang menggunakan icon-icon sebagai pengganti teks dalam membuat aplikasi. Berbeda dengan pemrograman berbasis teks dimana instruksi-instruksi menentukan eksekusi program, LabVIEW merupakan pemrograman aliran data dimana aliran data menentukan eksekusi dari program.

Pada LabVIEW dibangun user interface dengan menggunakan beberapa kelompok tool dan object. User interface dikenal sebagai Front Panel. Untuk mengontrol object-object yang ada pada Front Panel digunakan code yang merupakan representasi grafik dari fungsi-fungsi tertentu. Code tersebut terdapat pada Block Diagram. Block Diagram ini mirip dengan flow chart pada pemrograman lain.

Program LabVIEW disebut dengan Virtual Instruments atau VI karena beberapa tampilan dan operasi pada program LabVIEW menyerupai suatu instrument seperti osiloskop dan multimeter. Setiap VI menggunakan fungsi-fungsi yang

memanipulasi input dari user interface atau sumber lain dan menampilkan informasi tersebut atau memindahkan informasi tersebut ke file lain atau computer lain.

LabVIEW terdiri dari tiga komponen yaitu:

1. Front Panel, merupakan user interface
2. Block Diagram, terdiri dari sumber-sumber grafik yang mendefinisikan fungsi-fungsi dari VI
3. Icon dan Connector Pane, mengidentifikasi suatu VI sehingga bisa digunakan pada VI yang lain. VI yang terdapat pada VI lain disebut subVI.

2.6.1 LabVIEW Advance Signal Processing toolkit

Dalam pembuatan perangkat lunak, penulis menggunakan toolkit advance signal processing yang digunakan dalam LabVIEW 8.6 untuk pengolahan tingkat lanjut. Dalam toolkit ini terdapat tiga fitur tambahan meliputi:

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

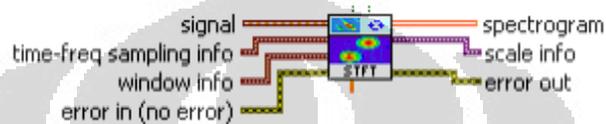


Gambar 2.11. Fitur yang tersedia dalam *advance signal processing toolkit* dalam LabVIEW

Dalam pengolahan sinyal penulis hanya menggunakan FFT, STFT, dan Wavelet. Pengolahan sinyal suara paru-paru ini dikhususkan pada analisis yang menyediakan spectral warna untuk pengamatan. Spectral warna yang digunakan yaitu spectral warna *rainbow*.

a. STFT Spectrogram

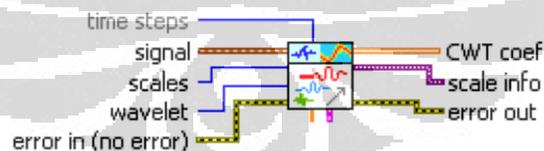
Dalam menganalisa suara paru-paru dapat dilakukan dengan menggunakan STFT Spectrogram. Dalam STFT Spectrogram sinyal domain waktu akan diubah menjadi spectral warna yang berbeda-beda sesuai dengan amplitude sinyal. Dengan menggunakan scanning window dalam waktu yang pendek akan mendapatkan resolusi warna yang lebih baik.



Gambar 2.12 STFT Spectrogram vi dalam labVIEW.

b. Wavelet Scalogram

Salah satu metode lainnya untuk membantu melakukan analisa suara paru-paru dapat menggunakan metode Wavelet Scalogram yang terdapat pada LabVIEW. Dalam wavelet representasi sinyal dalam spectral warna dinamakan scalogram. Hal ini dikarenakan fungsi aksis dalam wavelet dinyatakan dalam skala. Sinyal dalam domain waktu akan diubah menjado koefisien-koefisien wavelet. Koefisien wavelet merupakan lokalisasi waktu-frekuensi (time frequency localization). Sehingga analisa dengan menggunakan metode wavelet dapat menyajikan sinyal secara detail, local sesuai dengan skalanya.



Gambar 2.13 Fungsi wavelet scalogram dalam LabVIEW.

2.6.2 Labview DSP Module Toolkit

Dengan menggunakan toolkit DSP Module ini dapat mempermudah penulis dalam membuat program di DSP, hal ini dikarenakan dengan memanfaatkan toolkit ini tidak perlu menggunakan bahasa pemograman lainnya seperti bahasa C,

assembler maupun sumber lainnya. Labview DSP module Toolkit ini memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya karena toolkit ini menyediakan fasilitas rapid prototyping aplikasi DSP pada hardware DSP. Namun tidak semua hardware DSP dapat deprogram dengan menggunakan toolkit ini. Ada 4 DSP hardware yang mampu menggunakan toolkit ini yaitu NI Speedy-33, Texas Instrument TMS320C6711, Texas Instrument TMS320C6713 dan Texas Instrument TMS320C6416. Pada penelitian ini penulis menggunakan DSP hardware TMS320C6416.



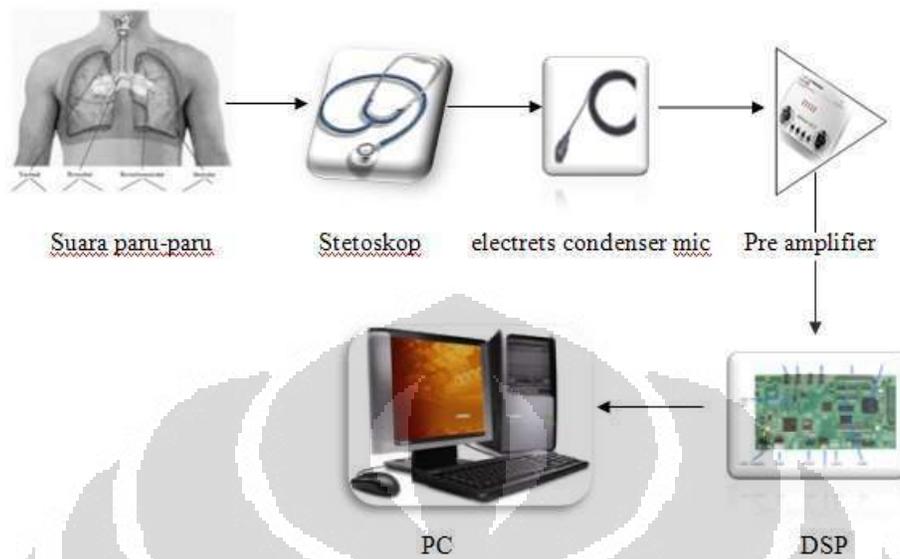
BAB 3

PERANCANGAN ALAT

Suara paru-paru merupakan suara yang terjadi karena adanya turbulensi udara saat udara memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan berlangsung. Adanya perbedaan lebar saluran udara pada sistem pernafasan menyebabkan udara mengalir dari saluran udara yang lebar ke saluran yang lebih sempit atau sebaliknya sehingga mengakibatkan terjadi turbulensi. Sinyal suara paru-paru ini sangat kecil dan memiliki frekuensi dibawah 2000 Hz sehingga perlu dibuat sistem perangkat keras yang baik agar mampu menangkap sinyal suara tersebut. Selain itu alat ini juga harus mampu mengurangi noise yang timbul ketika melakukan proses auskultasi sehingga suara yang direkam merupakan suara paru-paru bukan suara noise. Noise ini dapat timbul akibat pengaruh dari luar dan dari dalam tubuh. Dalam hal ini suara noise contohnya:

- a. Suara jantung,
- b. Suara otot,
- c. Suara vokal
- d. Suara perut

Perancangan sistem instrumentasi untuk identifikasi dan analisa suara paru-paru menggunakan DSP ini dilakukan dengan menggunakan stetoskop untuk melakukan proses auskultasi, namun pada bagian *ear piece*-nya dipotong kemudian dihubungkan dengan *electret condenser microphone* sebagai transduser untuk mengubah sinyal suara menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut akan diperkuat dengan menggunakan pre amplifier. Selanjutnya dihubungkan menuju *Digital Signal Processing Starter Kit TMS320C6416T*. Pengolahan sinyal dilakukan dengan memanfaatkan *software* LabVIEW di *Personal Computer*. Perancangan sistem yang dibuat sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok diagram perancangan sistem

Pembuatan sistem instrumentasi ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.

3.1 Perangkat keras (Hardware)

Sinyal analog suara paru-paru akan diakuisisi dalam bentuk digital. Perangkat keras yang digunakan meliputi: stetoskop, electrets mikrofon kondenser, pre amplifier, DSP TMS320C6416T dan personal computer (PC).



Gambar 3.2 Foto alat

3.1.1 Stetoskop dan *electret condenser microphone*

Perancangan sistem untuk auskultasi suara paru-paru dilakukan dengan menggunakan stetoskop akustik classic II S.E. Stetoskop akustik ini berfungsi untuk menyalurkan suara dari bagian dada, melalui tabung kosong berisi udara, ke bagian *ear piece*. Pada Bagian ujung stetoskop (*chestpiece*) terdiri dari dua sisi bagian yaitu difragma dan *bell* yang diletakan dibagian dada pasien untuk memperjelas suara yang dihasilkan oleh tubuh. Ketika difragma diletakkan di bagian dada pasien, suara yang dihasilkan oleh tubuh akan menggetarkan difragma, menciptakan tekanan gelombang akustik yang berjalan sampai ke *rubber tube* hingga terdengar pada bagian *ear piece* yang diletakkan ditelinga.

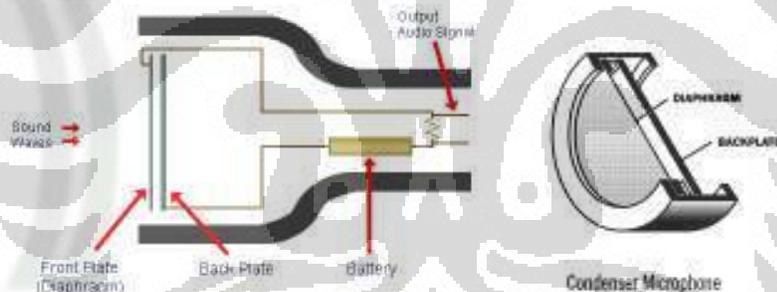
Namun dalam sistem instrumentasi ini bagian *earpiece* dari stetoskop tidak digunakan dan langsung dihubungkan dengan *electret condenser microphone* dengan cara memotong pada bagian percabangan *rubber tube* dan memasukkan *electret condenser microphone* kedalam *rubber tube*. Mikrofon merupakan transducer yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal suara dan mengubahnya menjadi sinyal elektrik berupa tegangan atau arus yang proporsional terhadap sinyal suara. Mikrofon akan memberikan nilai output sinyal analog yang sebanding dengan perubahan tekanan akustik bergantung pada fleksibilitas diafragma. Sinyal listrik kemudian digunakan untuk pengiriman, perekaman atau pengukuran pada karakteristik sinyal akustik.

Mikrofon yang digunakan pada perancangan sistem instrumenasi ini adalah tipe *electrets condenser*. *Condenser* atau yang lebih dikenal kapasitor merupakan komponen elektronika yang mampu menyimpan energi dalam bentuk medan elektrostatis. Untuk dapat bekerja, *Condenser microphone* memerlukan *power* dari baterai atau suplai eksternal. Sinyal audio yang dihasilkan oleh tipe *condenser* lebih kuat dibandingkan dengan mikrofon tipe yang lainnya. Selain itu mikrofon *Condenser* juga lebih sensitif sehingga tepat digunakan untuk mengambil data pada suara paru-paru. Sensitivitas pada mikrofon menunjukkan seberapa besar tegangan yang dihasilkan pada suatu mikrofon ketika mendeteksi suara. Pada

mikrofon yang memiliki sensitivitas yang tinggi akan menghasilkan tegangan yang lebih tinggi pula dibandingkan mikrofon yang memiliki sensitivitas rendah jika diberikan input suara yang sama. Berikut merupakan tiga tipe transducer berdasarkan tipe sensitivitasnya:

- *Condenser* : 5.6 mV/Pa (*high sensitivity*)
- *Dynamic* : 1.8 mV/Pa (*medium sensitivity*)
- *Ribbon or small dynamic* : 1.1 mV/Pa (*low sensitivity*)

Cara kerja dari mikrofon kondenser ini yaitu didalam mikrofon kondenser terdapat kapasitor yang terdiri dari dua keping lempeng atau plat yang keduanya mempunyai tegangan. Salah satu plat dibuat dari bahan yang sangat tipis dan berfungsi sebagai diafragma. Jadi ketika ada gelombang suara yang mengenai diafragma, maka diafragma akan bergetar dan merubah jarak pada kedua lempengan sehingga merubah nilai kapasitansinya.



Gambar 3.3 Cara Kerja *Microphone Condenser*

Akibat diafragma pada mikrofon bergetar maka akan mengakibatkan perubahan jarak antara kedua plat/lempengan. Ketika kedua plat atau lempengan saling berdekatan, nilai kapasitansi naik dan terjadi pengisian arus. Ketika kedua lempengan saling berjauhan, nilai kapasitansi turun dan terjadi pengosongan arus. Agar mikrofon kondenser dapat bekerja maka diperlukan tegangan yang melewati kapasitor. Tegangan ini dapat disuplai dari baterai maupun oleh phantom power eksternal. Pemberian *phantom power* perancangan sistem instrumentasi ini disupply dari pre amplifier. Phantom power pada pre amplifier akan mengirimkan tegangan DC 48V melalui kabel mikrofon.

Universitas Indonesia



Gambar 3.4 Stetoskop dan *Electret Condenser Microphone*

Sinyal suara yang terdeteksi oleh stetoskop akan diubah menjadi sinyal listrik oleh *electret condenser microphone* yang besarnya sebanding dengan perubahan tekanan akustik yang bergantung pada fleksibilitas diafragma. Dari 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 dibagian dada posterior [1] maka diperlukan mikrofon yang sesuai dengan spesifikasi tersebut. Dalam hal ini penulis menggunakan *electret condenser microphone* CAD CM100. Mikrofon kondenser yang digunakan memiliki respon frekuensi 40Hz - 20 KHz. Tipe *directional* pada mikrofon ini adalah unidirectional (cardioid). Tipe *directional* menunjukkan daerah sensitivitas mikrofon untuk mendeteksi suara dari berbagai arah. Unidirectional menunjukkan mikrofon mengambil suara dominan dari satu arah. Sedangkan cardioid menunjukkan pola daerah pengambilan suara yang berbentuk seperti jantung (cardioid). Sehingga dengan tipe *directional* seperti ini dapat mengurangi noise yang ikut terekam ketika melakukan proses auskultasi.

Ketika menggunakan mikrofon maka hal lain yang perlu diperhatikan yaitu impedansi dari mikrofon tersebut. Impedansi dapat menunjukkan kualitas dari mikrofon, makin rendah impedansi mikrofon maka makin bagus kualitas mikrofon tersebut. Impedansi dari mikrofon yang digunakan yaitu 150 ohm. Impedansi mikrofon termasuk impedansi rendah. Sebuah mikrofon impedansi rendah harus dihubungkan ke masukan dengan impedansi yang sama atau impedansi yang lebih

tinggi. Jika mikrofon terhubung ke input dengan impedansi yang lebih rendah maka akan ada kehilangan kekuatan sinyal. Sebelum dihubungkan device lain yang memiliki impedansi yang berbeda maka perlu dilakukan terlebih dahulu

3.1.2 Pre Amplifier

Pre Amplifier merupakan bagian yang berfungsi menguatkan daya sinyal yang dikeluarkan oleh input sinyal. Atau dengan kata lain, penguat awal berfungsi sebagai penguat sinyal audio yang masih lemah. Adapun sinyal yang dikuatkan oleh penguat awal adalah amplitude tegangan sinyal, sehingga dihasilkan intensitas tegangan sinyal audio.

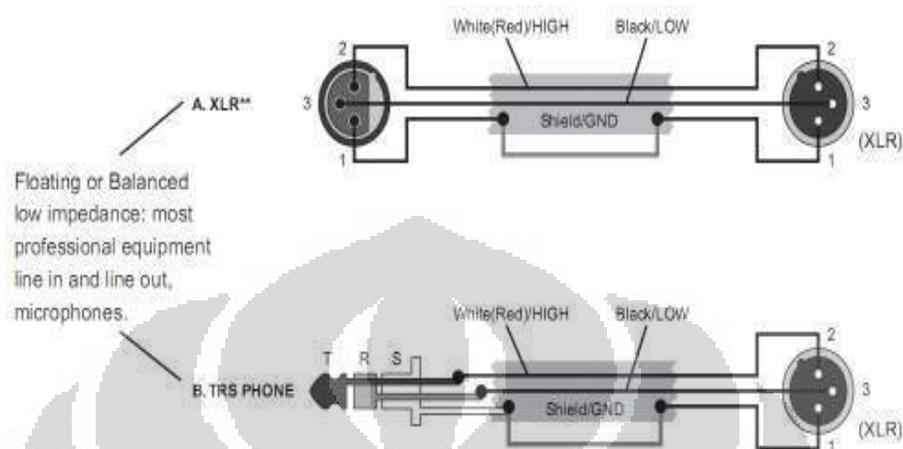
Sinyal audio yang dihasilkan *electret condenser microphone* sangat kecil sehingga perlu dikuatkan dengan menggunakan pre amplifier sebelum dihubungkan dengan DSP TMS320C6416T. pre amplifier yang digunakan yaitu Tube Ultragain Mic100 produksi Behringer.



Gambar 3.5 Pre amplifier Tube Ultragain Mic100.

Untuk dapat bekerja *electret condenser microphone* memerlukan power dari baterai atau suplai eksternal. Suplai eksternal ini lebih dikenal dengan nama *phantom power (+48 V)*. *Phantom power* untuk *electret condenser microphone* berasal dari pre amplifier Tube Ultragain MIC100. Untuk koneksi antara *electret condenser microphone* dengan pre amplifier dengan menggunakan konektor XLR. Sedangkan untuk koneksi dari pre amplifier ke DSP TMS320C6416T

menggunakan konektor XLR pada pre amplifier dan konektor TRS pada DSP. Konfigurasinya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



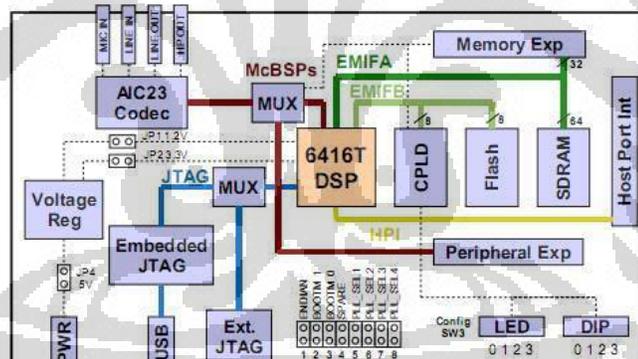
Gambar 3.6 koneksi antara mikrofon dengan pre amplifier dan pre amplifier dengan DSP.

Koneksi antara pre amplifier dengan DSP menggunakan koneksi *balancing input*. Metode ini meminimalkan suara yang tidak diinginkan dari gangguan dikabel audio. Sehingga panjang pendeknya kabel tidak berpengaruh terhadap sinyal yang melewati kabel tersebut. Konfigurasi keluaran (*output configuration*) *microphone* dapat bersifat *balanced* atau *unbalanced*. *Output* yang *balanced* membawa sinyal pada dua konduktor . Sinyal pada setiap konduktor memiliki level yang sama tetapi polaritasnya berkebalikan (satu positif dan yang lainnya negatif). Kebanyakan mixer/pre amplifier memiliki *balanced input* yang sensitif hanya terhadap perbedaan (*difference*) antara dua sinyal tersebut dan mengabaikan bagian sinyal lainnya yang sama di setiap konduktor. *Noise* yang terjadi di setiap kabel akan memiliki level dan polaritas yang sama. Dengan sifat *balanced input* yang hanya sensitif terhadap diferensial dua sinyal tersebut, maka *common-mode noise* ini akan dihilangkan oleh *balanced input*. Hal ini akan banyak mengurangi potensi *noise* pada *balanced microphone* dan kabel.

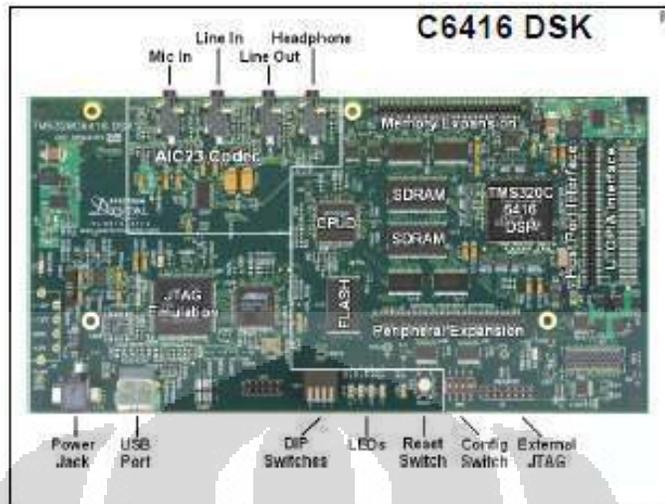
Pada koneksi balancing input, pin 1 XLR akan dihubungkan dengan pin Sleeve pada konektor TRS. pin 2 XLR dihubungkan ke konektor TRS pada pin Tip, sedangkan pin 3 XLR dihubungkan dengan konektor TRS pada pin Ring. Pada kabel balancing ini pin 2 dan pin 3 memiliki sinyal listrik yang identik namun memiliki polaritas yang berbeda sehingga dapat mengurangi noise.

3.1.3 DSP Stater Kit TMS320C6416T

DSP merupakan singkatan dari *Digital Signal Processing* yang dapat diartikan sebagai device pemrosesan sinyal digital. DSP merupakan suatu rangkaian terintegrasi sejenis *microprocessor* yang dirancang khusus untuk melakukan pemrosesan data diskrit dengan kecepatan tinggi seperti *filtering* dan, *fast fourier transform*, dan lain-lain. DSK TMS320C6416T adalah processor sinyal digital fixed point sebagai Application Specific Integrated Circuits yang termasuk dalam keluarga besar prosesor TMS320 produksi Texas Instrument. Komponen-komponen utama dan pendukung dari DSK C6416 yaitu:



(a)



(b)

Gambar 3.7.(a)Diagram Blok TMS320C6416T (b)DSP TMS320C6416T Board

Berikut merupakan fungsi dari masing-masing komponen yang terdapat pada DSK

1. Prosesor TMS320C6416

Merupakan prosesor dengan kecepatan clock 1GHz yang mendukung operasi fixed-point.

2. CPLD (Complex Programmable Logic Device)

CPLD berisi register-register yang berfungsi untuk mengatur fitur-fitur yang ada pada board. Pada DSK C6416, terdapat 4 jenis register CPLD.

a. USER_REG Register

Mengatur switch dan LED sesuai yang diinginkan user.

b. DC_REG Register

Memonitor dan mengontrol daughter card.

c. **VERSION Register**

Indikasi yang berhubungan dengan versi board dan CPLD.

d. **MISC Register**

Untuk mengatur fungsi lainnya pada board.

3. Flash memory

DSK menggunakan memori flash yang berfungsi untuk booting. Dalam flash ini berisi sebuah program kecil yang disebut POST (PowerOn Self Test). Program ini berjalan saat DSK pertama kali dinyalakan. Program POST akan memeriksa fungsi-fungsi dasar board seperti koneksi USB, audio codec, LED, switches, dan sebagainya.

4. SDRAM

Memori utama yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan instruksi maupun data.

5. AIC23 Codec

Berfungsi sebagai ADC maupun DAC bagi sinyal yang masuk ke board.

6. Daughter card interface

Konektor-konektor tambahan yang berguna untuk mengembangkan aplikasi-aplikasi pada board. Terdapat 3 konektor, yaitu memori expansion, peripheral expansion, dan Host Port Interface.

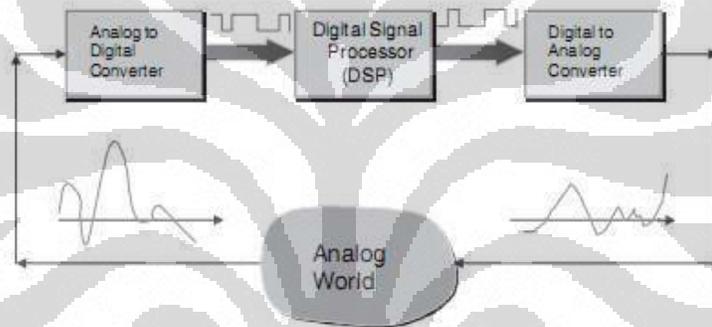
7. LED dan Switches

LED dan switches ini merupakan fitur yang dapat membantu dalam membangun aplikasi karena dapat deprogram sesuai keinginan user.

8. JTAG (Joint Test Action Group)

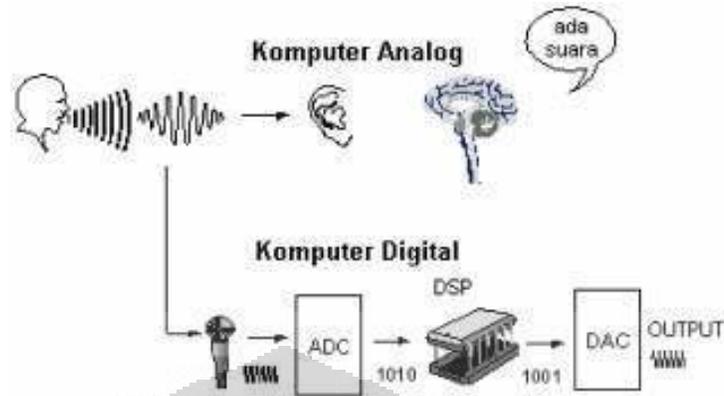
Merupakan konektor yang dapat melakukan transfer data dengan kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini akan berguna dalam aplikasi real-time.

Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.7, DSP berfungsi untuk melakukan pemrosesan data diskrit dengan kecepatan tinggi. Maka sebelum dilakukan pemrosesan di DSP maka terlebih dahulu sinyal harus diubah menjadi data diskrit. Untuk mendapat data diskrit perlu dilakukan beberapa tahap yaitu sinyal suara perlu dikonversi terlebih dahulu menjadi sinyal analog listrik. Oleh karena itu diperlukan suatu transducer.



Gambar 3.8 Proses pada sistem DSP

Sebuah transducer digunakan untuk mengubah suatu sinyal suara ke sinyal listrik analog (tegangan). Transducer yang digunakan pada penelitian ini yaitu *electret condenser microphone*. Sinyal analog tersebut akan diumpankan ke filter analog untuk membatasi rentang frekuensi sebelum melakukan pengambilan proses sampel. Tujuan proses *filtering* atau penyaringan yaitu untuk secara signifikan melemahkan distorsi aliasing. Sinyal band terbatas pada output filter analog kemudian akan disampel dan diubah melalui unit ADC ke dalam sinyal digital, baik dalam diskrit waktu dan amplitudo. Proses ADC ini akan dilakukan pada bagian audio codec tlv320aic23 yang terdapat pada DSK.



Gambar 3.9 Sistem kerja DSP

Digital Signal Prosesor kemudian menerima sinyal digital dan memproses data digital menurut algoritma yang diimplementasikan pada DSP. Dalam pembuatan sistem instrumentasi ini DSP *stater kit* TMS320C6416T difungsikan sebagai filter untuk mengurangi sinyal noise yang ikut terekam ketika proses auskultasi suara paru-paru berlangsung. Filter yang digunakan yaitu filter digital lowpass dengan frekuensi cutoff sebesar 2000 Hz. Pemilihan frekuensi cut off 2000 Hz ini atas dasar penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa suara paru-paru terletak pada frekuensi dibawah 2000 Hz.

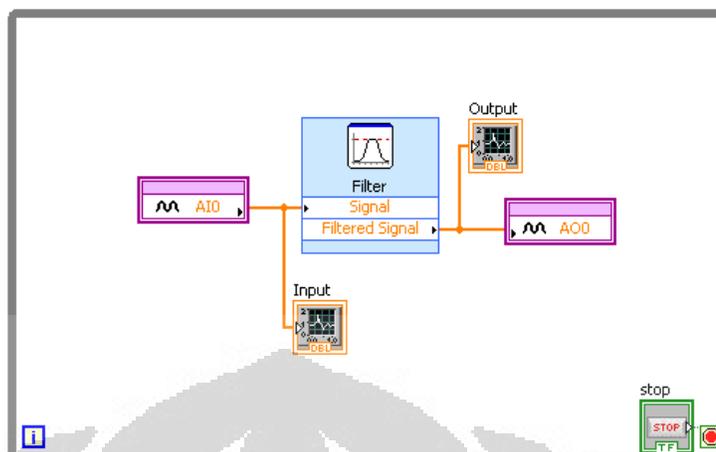
Program untuk DSK Board TMS320C646T dilakukan dengan menggunakan bahasa pemograman LabVIEW 8.6 dengan memanfaatkan toolkit DSP Module sehingga penulis tidak perlu menggunakan bahasa pemograman C maupun Assembler. Dengan menggunakan DSP dan perangkat lunak yang sesuai, diproses sinyal output digital yang dihasilkan. Sinyal ini akan berperilaku sesuai dengan algoritma khusus yang digunakan. Pada unit DAC berfungsi untuk mengubah sinyal digital olahan ke sinyal keluaran analog. sinyal ini kemudian akan dihubungkan ke personal computer (sound card) untuk dilakukan proses akuisisi data dan disimpan dalam format .wav file melalui line out. Selanjutnya dari file .wav file ini akan dianalisis dengan menggunakan tiga metode yaitu FFT, STFT dan Wavelet transform.

3.2 Perancangan perangkat lunak

Pembuatan perangkat lunak pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *software* LabVIEW 8.6. penulis juga memanfaatkan toolkit LabVIEW advance signal processing dan *DSP Module* dari LabVIEW 8.6. penggunaan toolkit advance signal processing berguna dalam pembuatan program analisis .wav sinyal suara paru-paru yang sudah direkam dalam bentuk digital. Sedangkan toolkit DSP Module berguna untuk memprogram DSP TMS320C6416T tanpa menggunakan bahasa pemrograman C maupu assembler. Pembuatan program (*software*) dalam sistem DSP berdasarkan target dari program digolongkan menjadi dua jenis yaitu program untuk DSP *Stater kit (board)* dan program untuk PC. Program pada PC ini berfungsi untuk merekam suara paru-paru (*record Sound*). Dalam penelitian ini penulis membuat dua jenis program yaitu program untuk merekam suara paru-paru (*record sound*) dan program analisa .wav sinyal suara paru-paru untuk identifikasi dan analisa suara paru-paru.

3.2.1 Program Record Sound

Dalam pembuatan program ini penulis menggunakan *software* labVIEW 8.6. Dalam program record sound suara paru-paru ini penulis membuat dua jenis program yaitu program untuk DSK Board TMS320C646T dan program untuk PC. Program pada PC berfungsi sebagai akuisisi data sinyal suara paru-paru dan disimpan dalam bentuk digital dalam format .wav. Program di DSP berfungsi sebagai filter lowpass dengan frekuensi cut off sebesar 2000 Hz. Berikut merupakan tampilan blok diagram dari program filter untuk di DSP TMS320C646T.

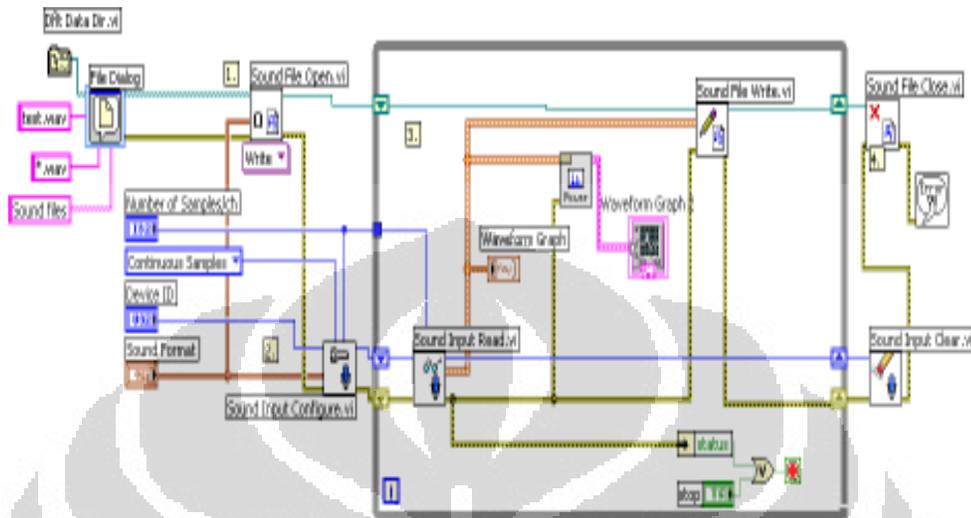


Gambar 3.10 Blok diagram program filter lowpass di DSP

Setelah melalui proses konversi sinyal suara paru-paru menjadi Sinyal analog listrik yang dihasilkan oleh electrets mikrofon kondenser, maka perlu dilakukan konversi kedalam bentuk digital sebelum diproses oleh *digital signal prosesor*. Proses konversi dari sinyal analog menjadi sinyal diskrit ini dilakukan dengan menggunakan analog to digital converter (ADC) yang terdapat pada DSP Board yaitu TLV320AIC23 audio codec. Sinyal keluaran dari mikrofon kondenseer akan dihubungkan ke bagian audio codec AIC23 yang terdapat pada DSK melalui port line in. sinyal akan disampling dengan sampling rate sebesar 8000 dengan bit sample 8 bit. Setelah melalui proses konversi menjadi data digital kemudian data tersebut akan difilter dengan menggunakan filter lowpass dengan frekuensi cut off 2000 Hz. Filter lowpass yang dibuat dengan menggunakan respon butterworth orde kedua, setelah data difilter dengan menghilangkan frekuensi di atas 2000 Hz kemudian data tersebut akan dikirm ke PC melalui line out untuk dilakukan proses perekaman suara.

Pada program PC record sound digunakan untuk akuisisi sinyal suara paru-paru. Untuk program record sound ini suara paru-paru akan direkam dan disimpan dalam format .wav dengan sample rate 22050 dan bit per sampelnya 16bit. Pada program ini penulis juga membuat dua tampilan grafik untuk melihat dan menganalisa suara paru-paru yang direkam yaitu dalam time domain dan

frekuensi domain. Berikut merupakan tampilan blok diagram dari program *record sound suara paru-paru*.



Gambar 3.11 Blok diagram program record sound suara paru-paru PC Host

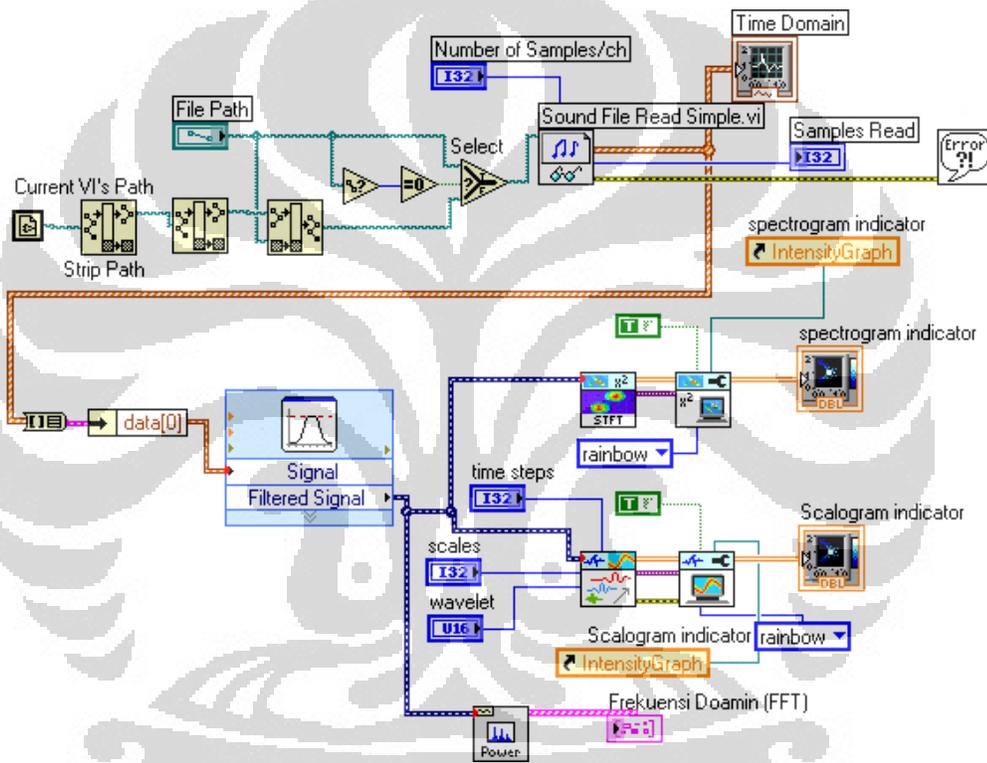
Pada program ini pertama-tama menggunakan sound file open yaitu untuk menentukan file suara akan disimpan dalam format apa dan disimpan dengan nama apa. Sebelum melakukan proses perekaman suara, terlebih dahulu perlu menentukan lokasi tempat penyimpanan suara dan memberi nama file tersebut sesuai dengan keinginan. Untuk melakukan proses ini maka akan ditampilkan kotak dialog. Sound open file juga berfungsi untuk membaca file .wav dan menulis file .wav yang baru. Selanjutnya penulis juga perlu mengatur sound format yang digunakan untuk proses perekaman yang meliputi sample rate, bit per sample dan number of sample. Dalam perekaman ini penulis menggunakan *sample rate* sebesar 22050 dengan bit per samplanya 16 bit dan *number of sample* 10000.

Kemudian penulis menggunakan sound input file untuk mengatur sound input yang digunakan untuk mengambil data dan mengirim data ke buffer sebelum data dibaca dengan sound input read. Setelah data dibaca kemudian direkam dengan menggunakan sound file write.vi. Hasil suara yang direkam akan disimpan dalam format .wav. Setelah melakukan proses perekaman maka kemudian tutup file sound dengan menggunakan sound file close.vi

Universitas Indonesia

3.2.2 Program analisa .wav signal

Program untuk analisa sinyal .wav penulis juga menggunakan software LabVIEW 8.6 dengan memanfaatkan toolkit advanced signal processing toolkit. Pada program ini sinyal suara paru-paru akan akan di analisis dengan menggunakan tiga metode yaitu FFT, STFT dan Wavelet. Penulis juga membuat tampilan STFT spectrogram dan Wavelet scalogram untuk mempermudah dalam analisis suara paru-paru yang telah direkam sebelumnya dalam format .wav.

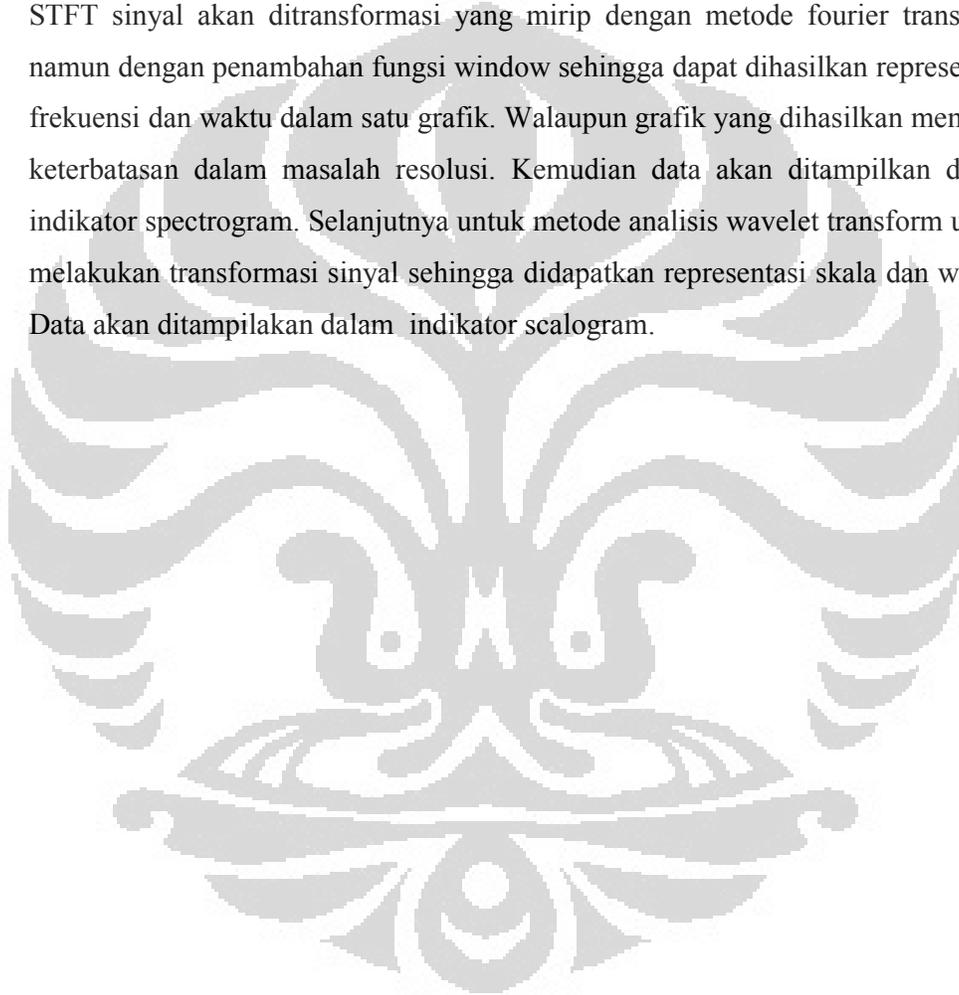


Gambar 3.12 Program identifikasi dan analisa suara paru

Pertama-tama suara paru-paru yang telah direkam dalam format .wav akan dibaca dan di mainkan dengan sound read file kemudian data suara tersebut akan difilter terlebih dahulu sebelum dianalisis. Filter yang digunakan yaitu filter bandpass dengan frekuensi cutoff 100Hz -2000Hz. Pemilihan frekuensi cutoff ini bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan noise yang berasal dari suara jantung atau

dari suara lainnya yang memiliki frekuensi dibawah 100 Hz dan menghilangkan frekuensi diatas 2000 Hz. Setelah melalui proses filtering kemudian sinyal suara tersebut akan dianalisis dengan menggunakan tiga metode yaitu FFT, STFT dan Wavelet Transform.

FFT berfungsi untuk melakukan transformasi sinyal dari domain waktu menjadi domain frekuensi dan data akan ditampilkan dalam domain frekuensi. Pada proses STFT sinyal akan ditransformasi yang mirip dengan metode fourier transform namun dengan penambahan fungsi window sehingga dapat dihasilkan representasi frekuensi dan waktu dalam satu grafik. Walaupun grafik yang dihasilkan memiliki keterbatasan dalam masalah resolusi. Kemudian data akan ditampilkan dalam indikator spectrogram. Selanjutnya untuk metode analisis wavelet transform untuk melakukan transformasi sinyal sehingga didapatkan representasi skala dan waktu. Data akan ditampilkan dalam indikator scalogram.



BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

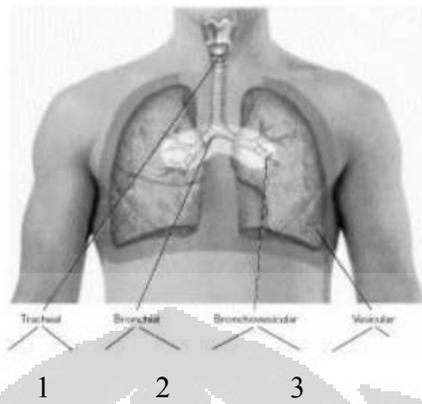
Suara paru-paru terjadi akibat adanya turbulensi udara saat memasuki saluran pernafasan selama proses pernafasan berlangsung. Pada proses pernafasan terdapat dua proses yaitu inspirasi dan ekspirasi, namun antara proses inspirasi dan ekspirasi terdapat jeda waktu. Sinyal suara paru-paru ini kemudian akan direkam dan dianalisa dengan menggunakan metode FFT, STFT Spectrogram, dan Wavelet Scalogram.

Data yang akan diolah dan dianalisis merupakan sinyal suara paru-paru yang telah direkam dalam format .wav file. Untuk melakukan analisa suara paru-paru menggunakan tampilan berupa grafik time-domain waveform, FFT Power Spectrum, STFT Spectrogram dan Wavelet Scalogram. Software yang digunakan untuk melakukan analisa suara paru yaitu LabVIEW 8.6. penulis juga menggunakan toolkit *advanced signal processing toolkit* dalam pembuatan program analisis suara paru-paru .

Proses analisa suara paru-paru didasarkan pada durasi waktu dan pola proses inspirasi dan ekspirasi untuk analisa suara normal paru-paru. Sedangkan untuk suara paru-paru adventitious akan lebih mudah dianalisis dalam bentuk spectrogram dan scalogram. Analisa dan kesimpulan dilakukan penulis dengan cara membandingkan hasil analisa dari berbagai penelitian dan paper sebelumnya. Berikut merupakan hasil analisa suara paru-paru.

4.1 Penyajian Data Suara Paru-Paru Normal

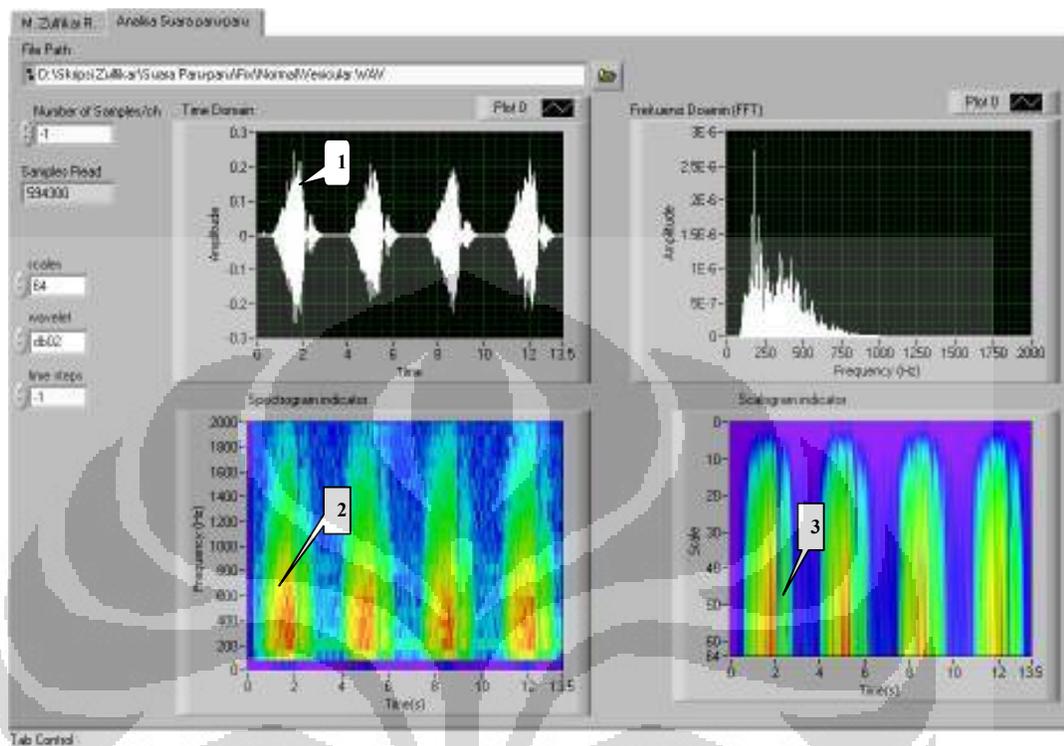
Analisa suara paru-paru normal dilakukan dengan cara membandingkan jenis suara paru-paru normal terhadap intensitas, pitch dan lokasi, dan rasio inspirasi dan ekspirasi. Tiap jenis suara paru-paru normal memiliki ciri yang khas yang berbeda-beda. Suara paru-paru normal sendiri terbagi menjadi empat bagian tergantung pada lokasi pada saat melakukan proses auskultasi. Dalam analisa suara paru-paru normal ini penulis fokus membandingkan antara suara paru-paru normal tracheal, bronchial, bronchovesicular, serta vesicular.



- Ket:
1. Suara paru-paru normal tracheal
 2. Suara paru-paru normal bronchial
 3. Suara paru-paru normal bronchovesicular
 4. Suara paru-paru normal vesicular

Gambar 4.2 Kategori suara paru-paru normal berdasarkan posisi auskultasi

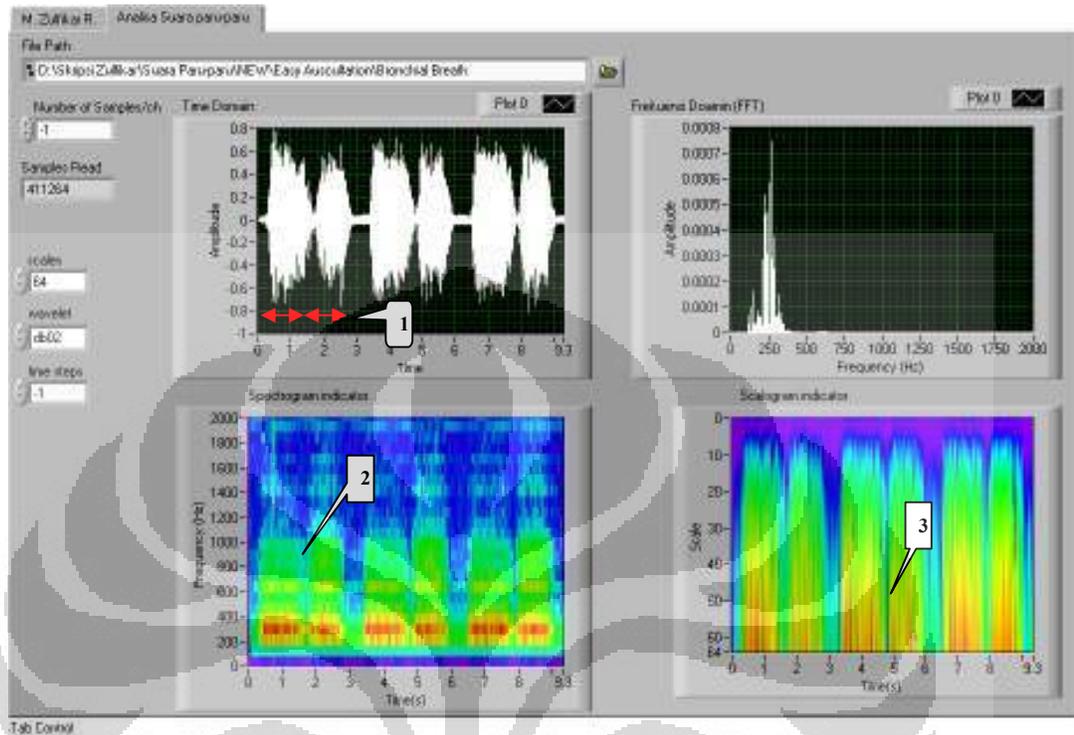
4.1.1 Suara Paru-Paru Normal Vesicular



Gambar 4.1 Front Panel Suara Paru-Paru Normal Vesicular

Suara paru-paru normal vesicular adalah suara paru-paru normal yang didengar pada daerah dada samping dan dada dekat bagian perut. Normal vesicular terdengar lembut dan bernada rendah. Suara Pada suara ini proses inspirasi akan jauh lebih kuat terdengar dibanding proses ekspirasi(1), sering kali proses ekspirasi hampir tidak terdengar. Dari grafik terlihat proses inspirasi yang lebih kuat dibandingkan proses ekspirasi(2),(3). Durasi lama suara inspirasi yang terdengar lebih panjang dibandingkan pada suara ekspirasi.

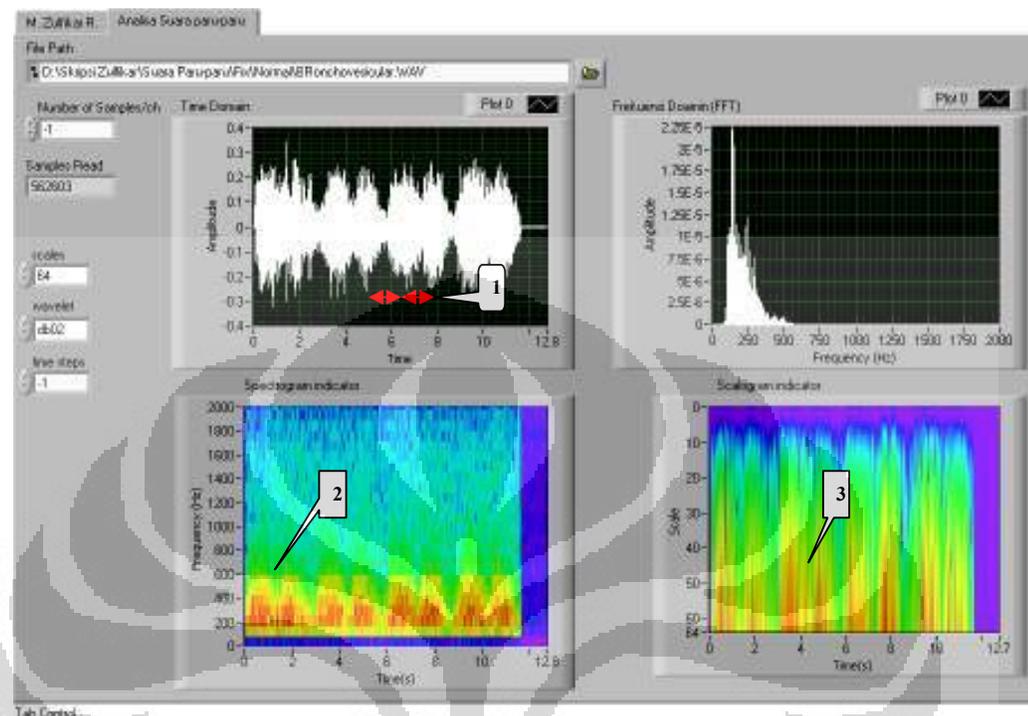
4.1.2 Suara Paru-Paru Normal Bronchial



Gambar 4.2 Front Panel Suara Paru-Paru Normal Bronchial

Suara paru-paru bronchial merupakan suara yang terdapat di percabangan bronchus di paru-paru bagian kanan atau bagian kiri. Suara ini terdengar cukup keras dan bernada tinggi. Jenis suara paru-paru normal ini memiliki proses inspirasi dan ekspirasi yang hampir sama kuatnya. Sehingga jangkauan frekuensinya terlihat lebih merata (2). Namun antara proses inspirasi dan ekspirasi terlihat ada jeda waktu (3). Durasi lama suara ekspirasi cenderung hampir sama lamanya dengan suara inspirasi (1). Suara bronchial ini mirip seperti suara bronchovesicular namun perbedaannya terletak pada jeda waktu.

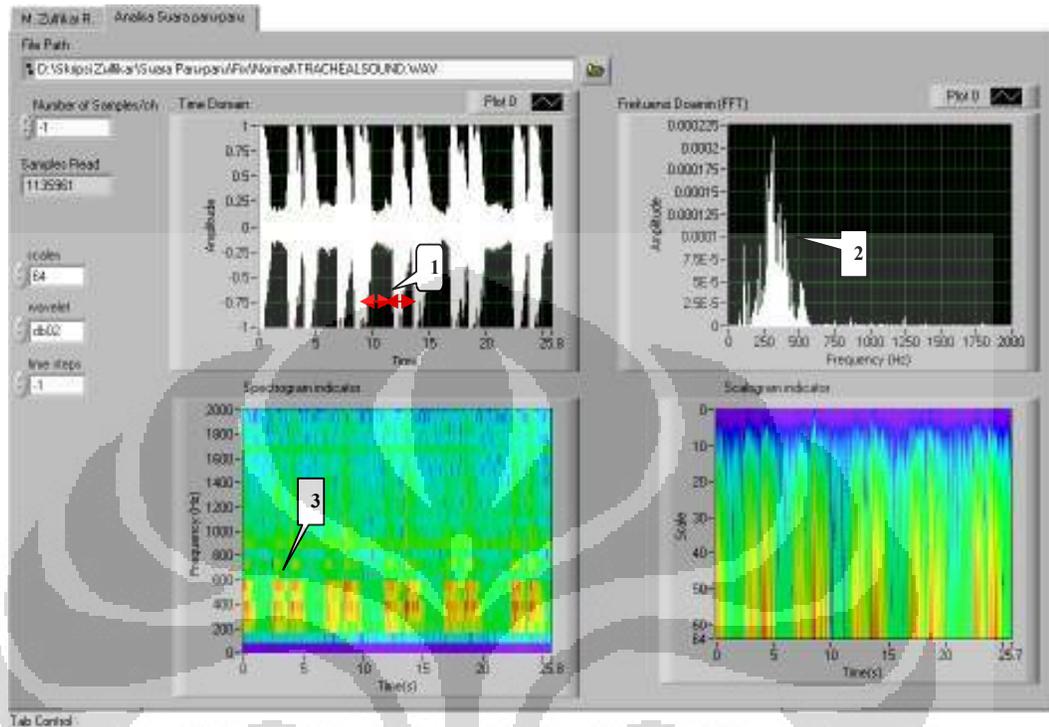
4.1.3 Suara Paru-Paru Normal Bronchovesicular



Gambar 4.3 Front Panel Suara Paru-Paru Normal Bronchovesicular

Suara normal *bronchovesicular* merupakan suara paru-paru pada daerah bronchiolus yang letaknya berada ditengah-tengah paru-paru kanan atau paru-paru kiri. Suara bronchovesicular memiliki intensitas dan *pitch* yang sedang. Suara ini memiliki pitch yang sama kuatnya antara proses inspirasi dan ekspirasi sehingga Rentang frekuensi antara proses inspirasi dan ekspirasi terlihat lebih merata(2). Durasi lama proses inspirasi dan ekspirasi hampir sama sehingga proses inspirasi dan ekspirasi terlihat sama lamanya (1). Ciri khas dari suara bronchovesicular yaitu hampir tidak adanya jeda pada proses pernafasan inspirasi dan ekspirasi(3). Suara bronchovesicular ini mirip seperti suara bronchial namun perbedaannya terletak pada adanya jeda waktu antara proses inspirasi dan proses ekspirasi.

4.1.4 Tracheal Sound



Gambar 4.4 Front Panel Suara Paru-Paru Normal Tracheal

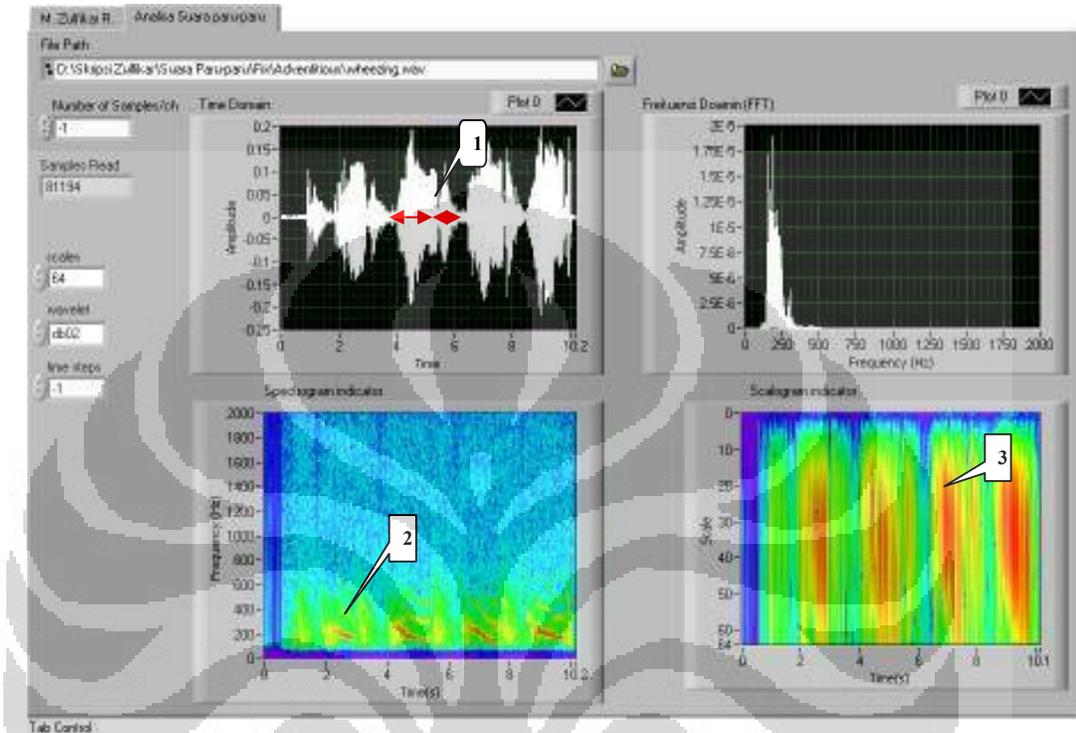
Suara normal tracheal merupakan suara yang terdapat pada bagian larik dan pangkal leher (daerah trakea). Suara ini sangat jelas terdengar dibandingkan suara paru-paru normal lainnya. Suara tracheal ini sangat keras dan memiliki pitch yang tinggi (2). Suara trakea ini pada suara proses inspirasi dan ekspirasi terdengar sama kuatnya (3) sedangkan durasi pada proses inspirasi sama panjangnya dengan proses ekspirasi(1).

Tabel 4.1 Hasil analisa perbedaan kategori suara paru-paru normal

No	Kategori	Pola suara	Intensitas	Pitch	Perbedaan umum hasil interpretasi data
1	Vesicular		Soft	Low	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proses inspirasi lebih lama dibandingkan proses ekspirasi 2. Proses Inspirasi lebih kuat terdengar. 3. Suara ekspirasi sangat pelan bahkan terkadang tidak terdengar
2	Bronchovesicular		intermediate	Intermediate	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proses inspirasi dan ekspirasi sama lamanya 2. Suara inspirasi dan ekspirasi terdengar sama kuatnya 3. tidak adanya jeda antara proses inspirasi dan ekspirasi
3	Bronchial		Loud	Intermediate	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proses inspirasi dan ekspirasi sama lamanya 2. Suara inspirasi dan ekspirasi terdengar sama kuatnya 3. Terdapat adanya jeda antara proses inspirasi dan ekspirasi
4	Tracheal		Very Loud	High	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durasi proses inspirasi dan ekspirasi sama lamanya 2. suara inspirasi akan terdengar sama kuatnya dengan suara ekspirasi 3. suara tracheal terdengar lebih jelas dibandingkan suara lainnya

4.2 Penyajian Data Suara Paru-Paru Adventitious

4.2.1 Wheeze



Gambar 4.5 Front panel suara paru-paru wheezing

Suara wheeze tergolong suara paru-paru adventitious yang bersifat kontinu (*continuous*), memiliki *pitch* tinggi, dan lebih sering terdengar pada proses ekspirasi atau suara pada proses ekspirasi lebih besar daripada suara pada proses inspirasi namun terkadang suara inspirasi lebih kuat terdengar dibandingkan dengan suara ekspirasi. Suara ini biasanya terjadi saat aliran udara melalui saluran udara yang menyempit karena sekresi, benda asing atau luka yang menghalangi. Dari tampilan grafik terlihat durasi proses inspirasi lebih lama dibandingkan dengan proses ekspirasi (1). Selain itu Intensitas suara inspirasi lebih besar dibandingkan dengan ekspirasi (2),(3). Pada suara ini terdengar suara bunyi yang terdengar menciut-ciut selama proses inspirasi dan ekspirasi.

4.2.2 Crackles

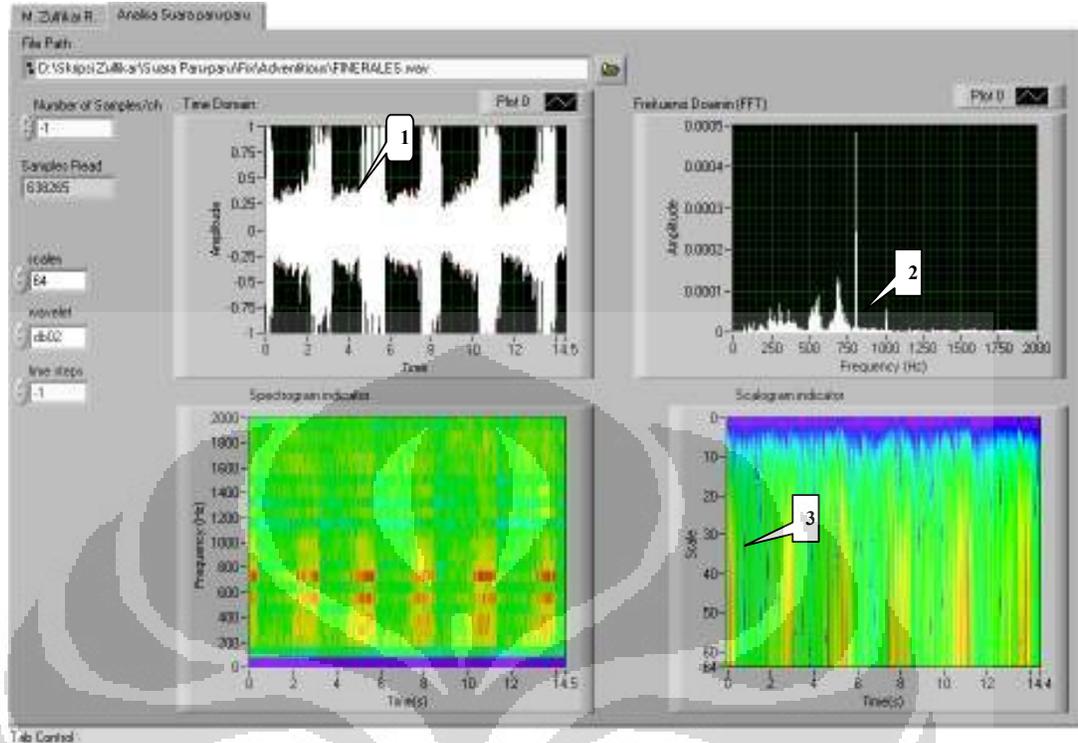
Suara Crackle termasuk *adventitious sound* yang bersifat *discontinuous*. Hal ini berbeda dengan suara wheeze yang bersifat *continuous*. Crackle sering juga disebut dengan nama “Rale” atau “Crepitation”. Suara crackles ini diklasifikasikan menjadi dua yaitu:

- a. *fine crackles* yang memiliki *pitch* tinggi dan
- b. *coarse crackles* yang memiliki *pitch* rendah.

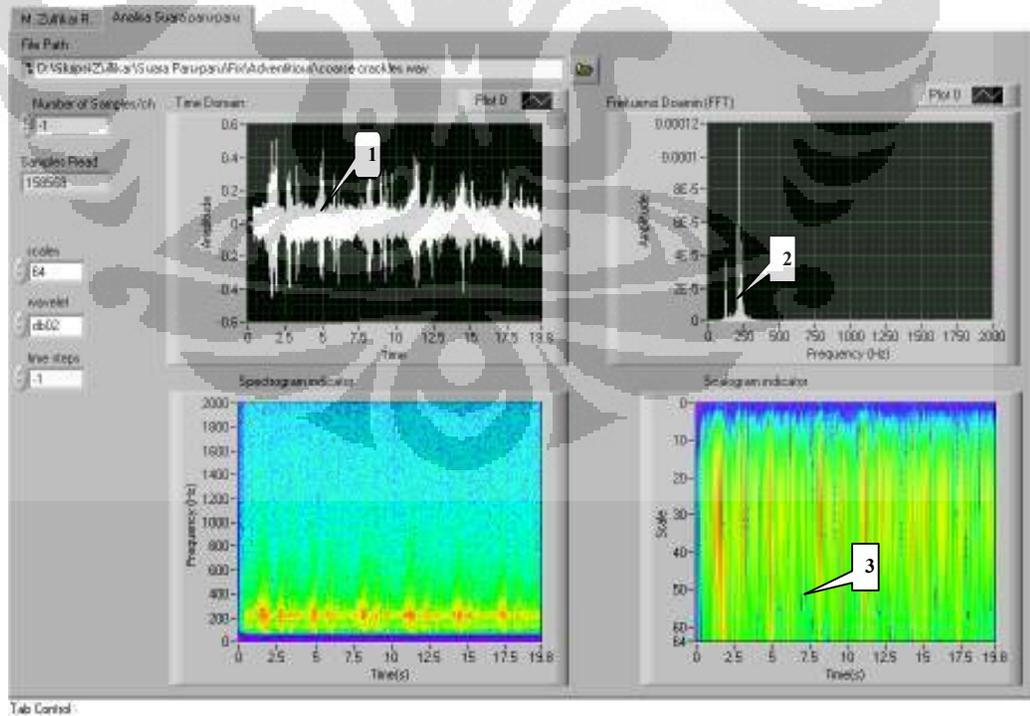
Suara Crakles dihasilkan akibat dua proses mekanisme umum yang terjadi yaitu:

- Ketika terdapat saluran udara yang sempit (hampir tertutup) tiba-tiba terbuka hingga menimbulkan suara mirip seperti suara “plop” yang terdengar saat bibir yang dibasahi tiba-tiba dibuka. Ketika ini terjadi pada daerah *bronchioles* maka akan tercipta *fine crackles*.
- Atau ketika gelembung udara keluar pada *pulmonary edema*.

Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan perbedaan antara fine dan coarse crackles. Dari tampilan grafik terlihat *coarse crackles* memiliki intensitas dan pitch yang lebih rendah daripada *fine crackles* (2). Pada suara crackle ini jika didengarkan akan terdengar suara putus-putus (1),(3).



Gambar 4.6 Front panel suara paru-paru Fine crackles

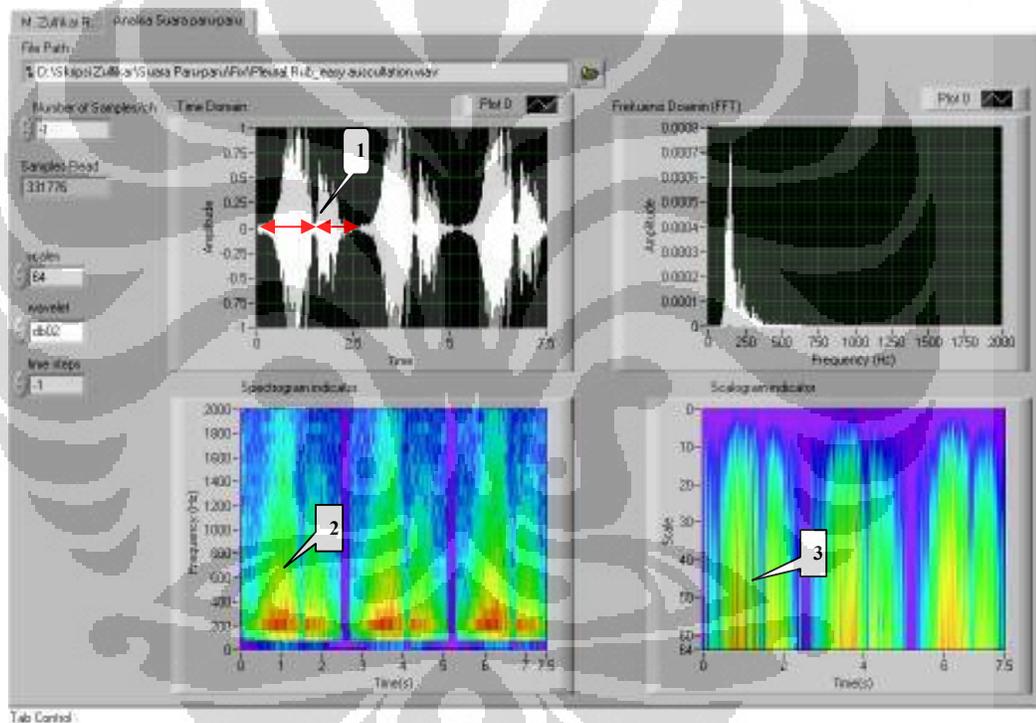


Gambar 4.7 Front panel suara paru-paru coarse crackles

Universitas Indonesia

4.2.3 Pleural Rub

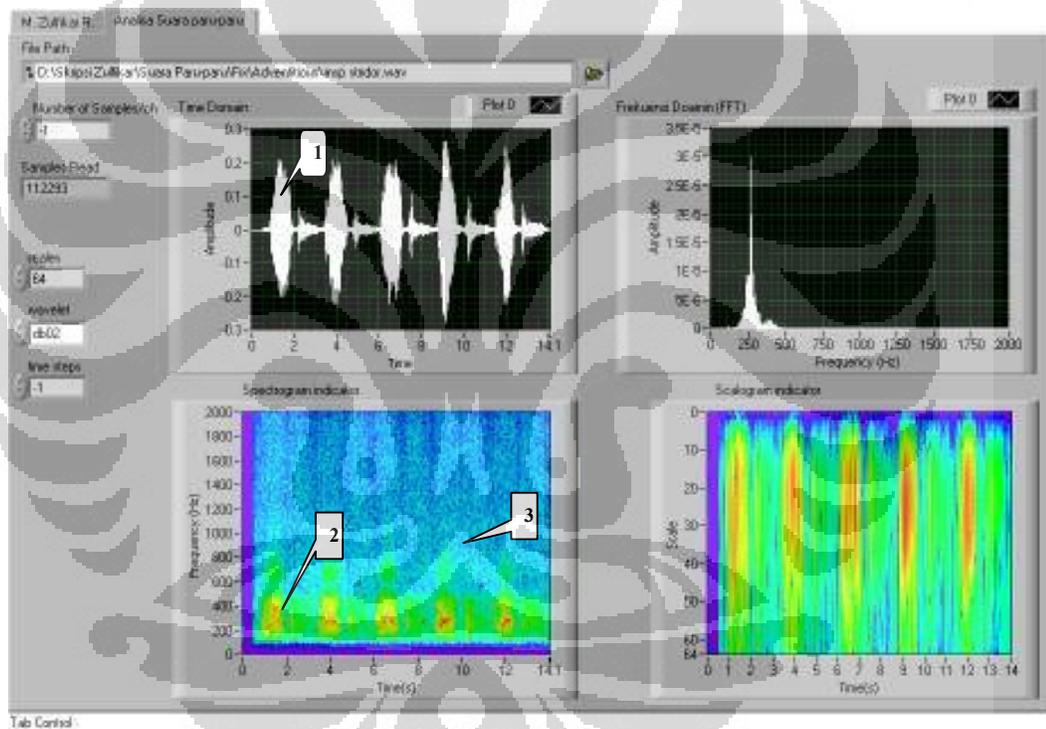
Pleural rubs merupakan suara menggesek yang terjadi ketika permukaan pleural membengkak atau menjadi kasar dan menggesek satu dengan yang lain. Suaranya dapat bersifat kontinyu atau diskontinyu. Biasanya terlokasi pada suatu tempat di dinding dada dan terdengar selama fase inspirasi atau ekspirasi. Pada *Pleural rubs* terlihat memiliki pitch yang lebih tinggi terutama pada proses inspirasi yang cenderung lebih besar daripada proses ekspirasi(2). Perubahan intensitas yang terjadi cenderung kasar (3). Pada suara ini intensitas proses inspirasi cenderung lebih lama dibandingkan dengan proses ekspirasi (1).



Gambar 4.8 Front panel suara paru-paru *pleural rub*

4.2.4 Stridor

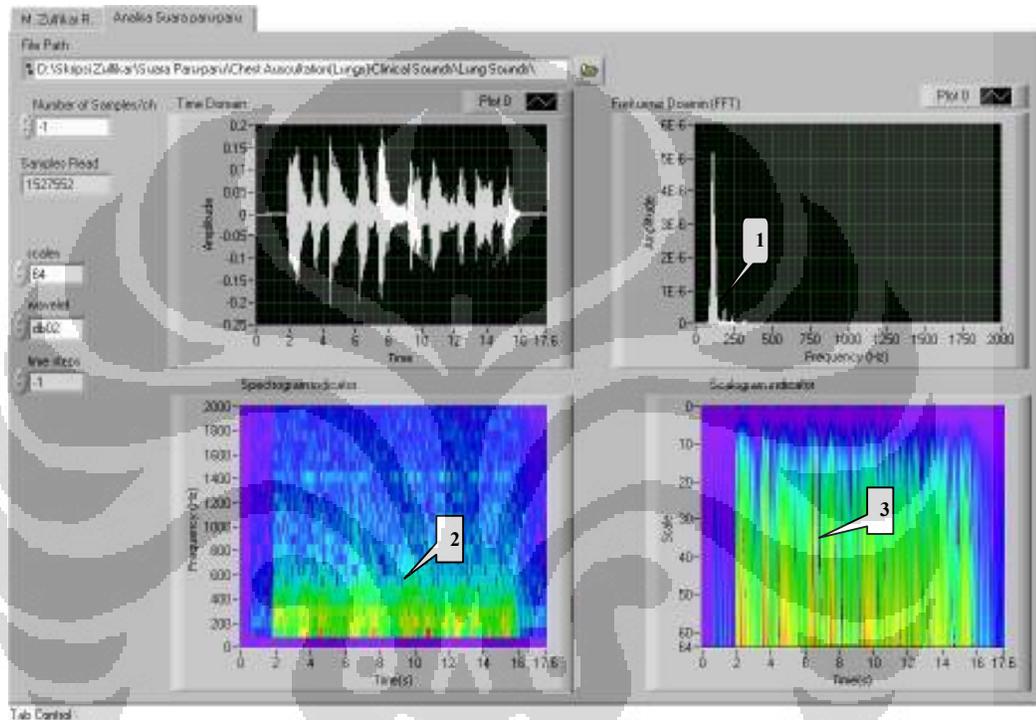
Suara paru-paru Stridor merupakan suara *wheeze* inspirasi yang terdengar keras pada *trachea*. Stridor menunjukkan indikasi luka pada *trachea* atau pada *larynx*. Suara ini umumnya lebih terlihat pada saat proses inspirasi(1). Suara stridor memiliki pitch yang cukup rendah yaitu kurang dari 500Hz (2). Suara stridor memiliki ciri yang khas yaitu adanya kelompok kecil tertentu yang terpisah dengan yang lainnya (3). Terlihat pada grafik spectogram ada bagian yang terlihat terpisah dari intensitas frekuensi utama dan sering disebut sebagai *flying intensitas*(3).



Gambar 4.9 Front panel suara paru-paru stridor

4.2.5 Ronchi

Rhonchi merupakan suara adventitious yang bersifat kontinyu, suara ini mirip seperti *wheeze*. Tetapi dalam ronchi jalan udara lebih besar, atau sering disebut *coarse rattling sound*. Suara ini biasanya menunjukkan halangan pada saluran udara yang lebih besar oleh sekresi.



Gambar 4.10 Front panel suara paru-paru *Ronchi*

Ciri utama suara Ronchi ini adalah mirip seperti suara wheeze namun memiliki pitch yang lebih lembut (1). Suara ini memiliki range frekuensi dibawah 500 Hz. Dari grafik terlihat antara proses inspirasi dan ekspirasi terdapat jeda (3). Dari grafik STFT spectrogram terlihat intensitas antara proses inspirasi dan ekspirasi cenderung merata (2).

Tabel 4.2 Frekuensi suara paru-paru normal dan adventitious

Kategori suara Paru-paru	Frekuensi dominan (Hz)	Frekuensi Minimum (Hz)	Frekuensi Maximum (Hz)
Normal Vesicular	200	100	800
Normal Bronchovesicular	200	100	600
Normal Bronchial	250	150	400
Normal tracheal	150	300	1250
Adventitious Wheeze	200	150	400
Adventitious Coarse Crakles	200	100	300
Adventitious Fine Crakcles	800	200	2000
Adventitious Pleual Rubs	200	100	400
Adventitious Stridor	300	150	100

Tabel 4.3 Hasil analisa intensitas suara paru-paru normal

No	Kategori Suara	Intensitas suara (dB)	
		Inspirasi	Ekspirasi
1	Vesicular	0.20	0.05
2	Bronchovesicular	0.25	0.25
3	Bronchial	0.60	0.60
4	Tracheal	1.00	1.00

Tabel 4.4. Hasil analisa durasi suara paru-paru normal

No	Kategori Suara	Durasi (s)		
		Inspirasi	jeda	Ekspirasi
1	Vesicular	1.5	0.1	0.5
2	Bronchovesicular	1.5	0.0	1.5
3	Bronchial	1.2	0.1	1.0
4	Tracheal	1.4	0.2	1.4

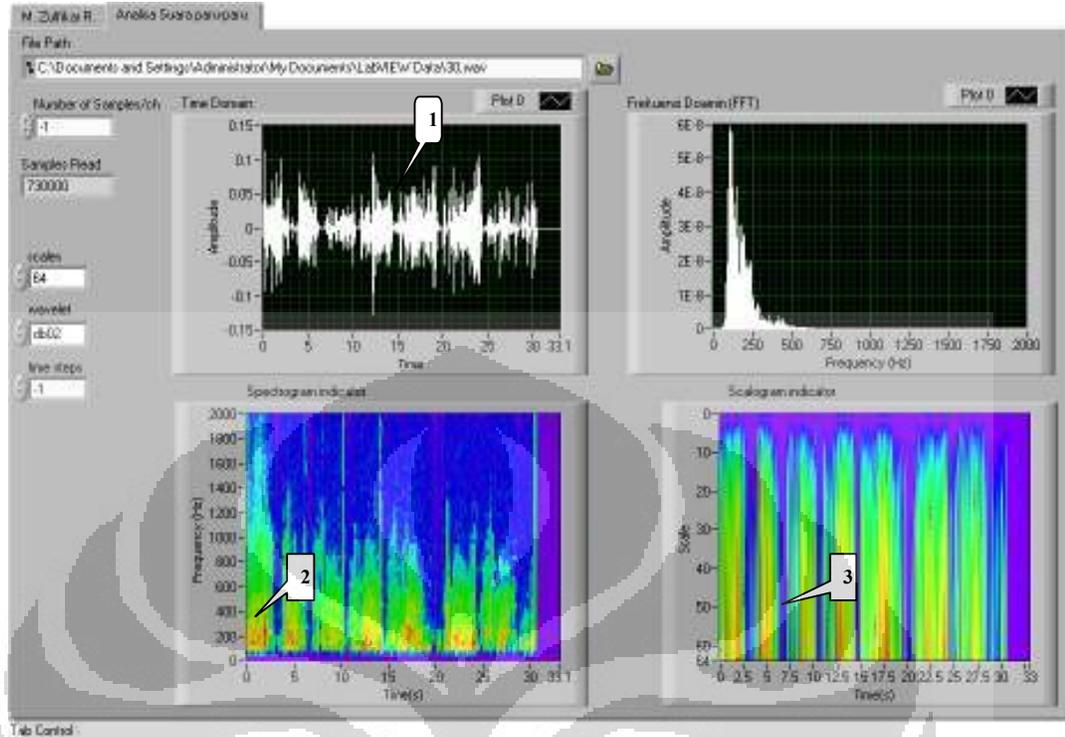
4.3 Penyajian Data Suara Paru-Paru Pengukuran Langsung

Data ini merupakan hasil data pengamatan auskultasi langsung dengan beberapa sample orang. Dalam hal ini penulis melakukan pengamatan langsung terhadap lima orang pasien. Data-data tersebut kemudian direkam dan disimpan dalam format .wav dengan sampling rate 22050 dengan bit per sample 16 bit. Berikut merupakan data pasien yang digunakan dalam pengukuran auskultasi langsung.

Tabel 4.5. Data Pasien

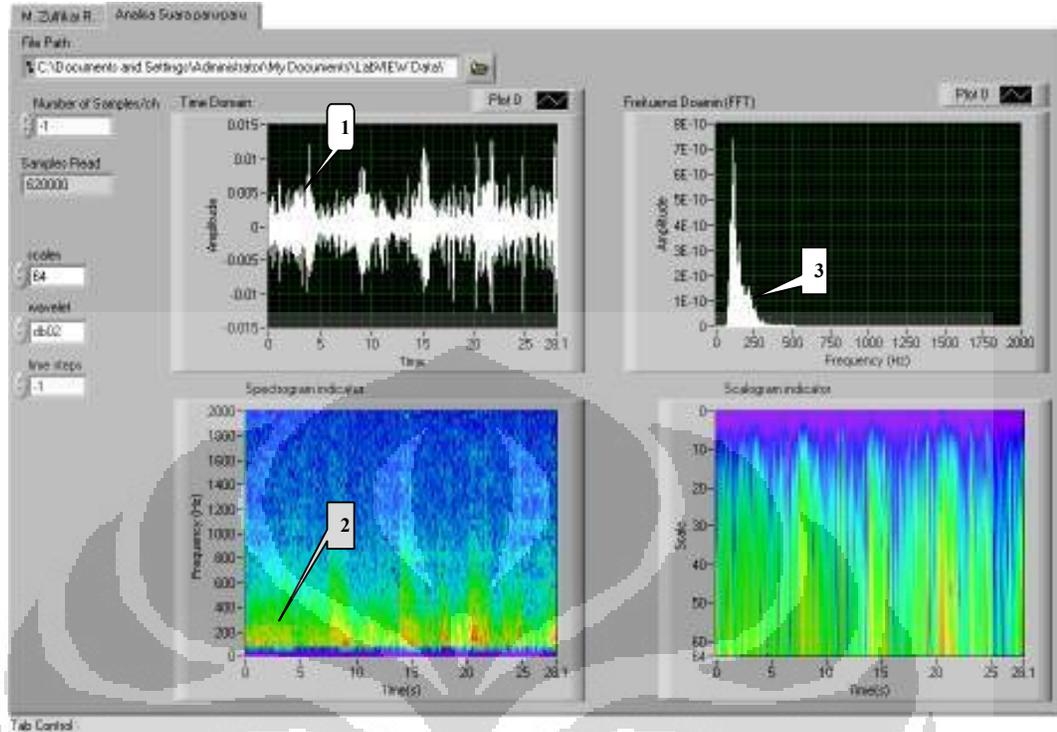
No	Nama	Umur (thn)	Massa (Kg)	Nama File
1	Pasien 1	23	49	Pasien 1.wav
2.	Pasien 2	21	55	Pasien 2.wav
3.	Pasien 3	22	48	Pasien 3.wav
4.	Pasien 4	24	65	Pasien 4.wav
5	Pasien 5	24	80	Pasien 5.wav

Posisi stetoskop pada saat melakukan proses auskultasi dapat mempengaruhi pola suara yang didapat. Dari kelima data pasien yang telah direkam akan diinterpretasikan dengan memanfaatkan tiga metode yaitu FFT, STFT dan Wavelet Transform. dari tiga metode ini tampilan time domain, frekuensi domain, STFT spectogram dan wavelet scalogram. . Berikut merupakan hasil rekaman suara yang didapat.



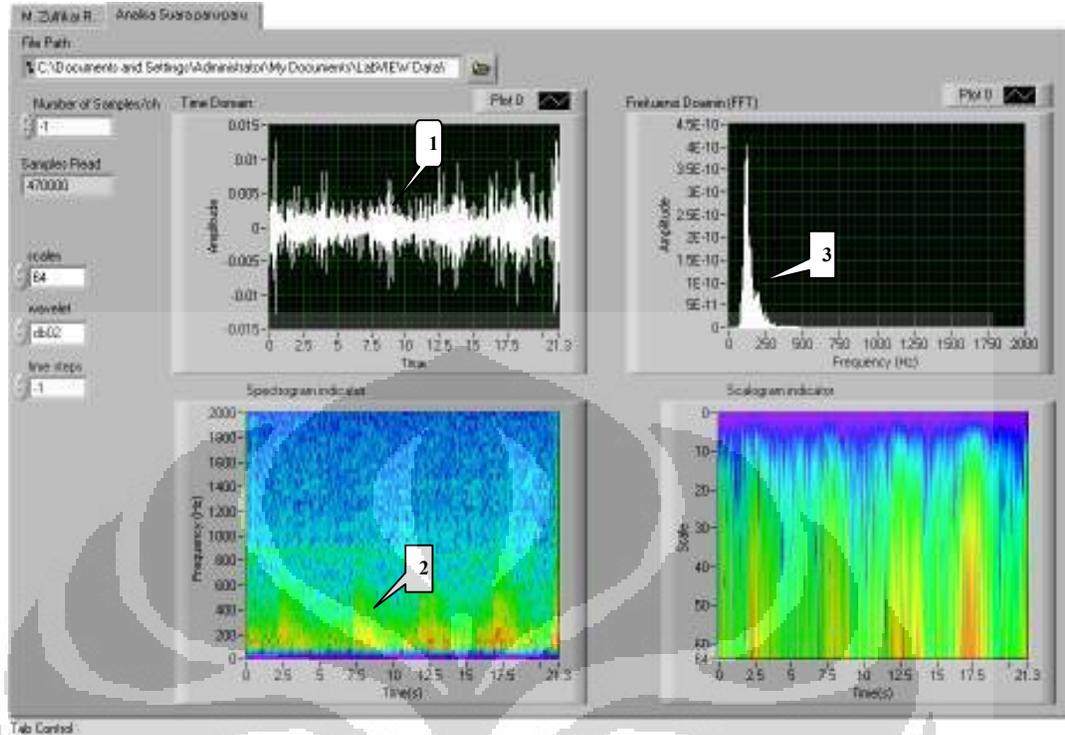
Gambar 4.11 Front panel suara pasien 1

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien 1 didapat bahwa suara tersebut termasuk suara normal. Dengan melihat pola inspirasi dan ekspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah tetapi durasi inspirasi dan ekspirasinya hampir sama lamanya serta antara proses inspirasi dan ekspirasi terdapat jeda(1),(2) (3) maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchial. Suara ini mirip seperti suara bronchovesicular namun perbedaannya namun yang membedakan adanya jeda antara proses inspirasi dan ekspirasi



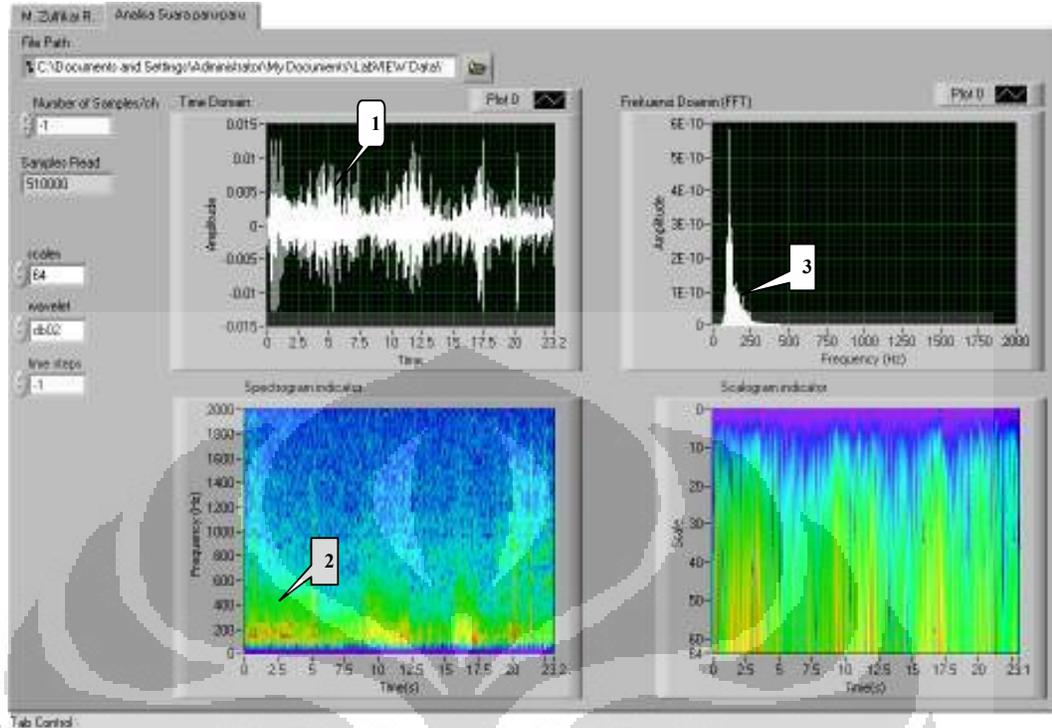
Gambar 4.12 Front panel suara pasien 2

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien 2 didapat bahwa suara tersebut termasuk suara normal. Dengan melihat pola inspirasi dan ekspirasi yang pitchnya lebih pelan (3) dan rendah tetapi durasi inspirasi dan ekspirasinya hampir sama lamanya (1) serta suara pada proses inspirasi dan ekspirasi memiliki intensitas yang sama besarnya (2) maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchovesicular



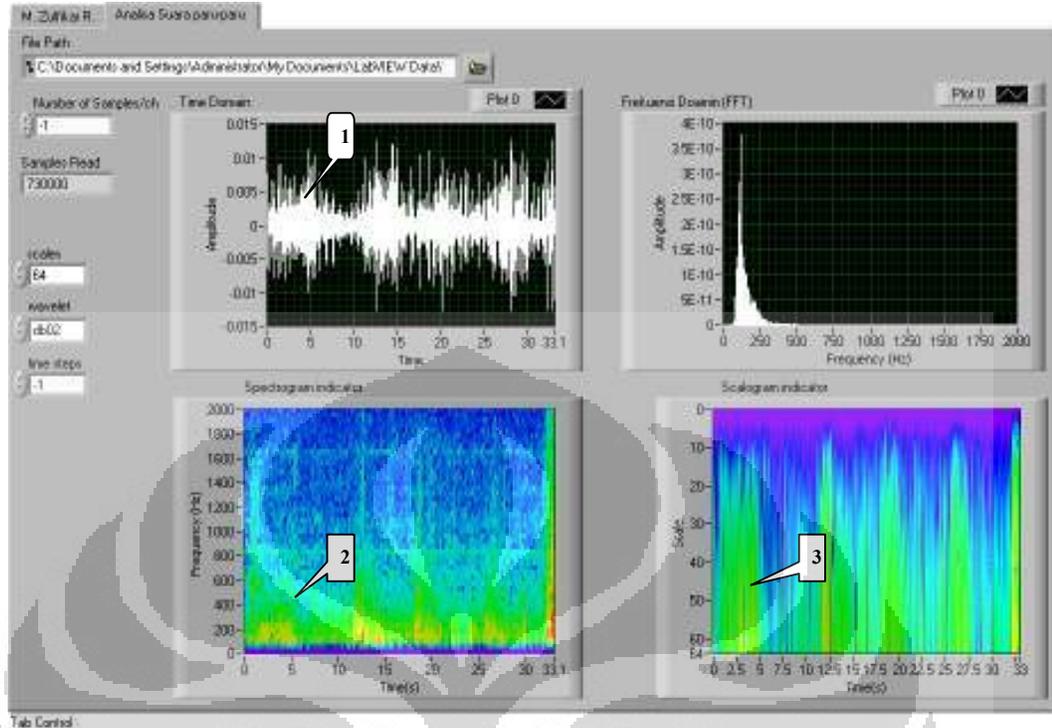
Gambar 4.13 Front panel suara pasien 3

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien 3 didapat bahwa suara tersebut termasuk suara normal. Jika diperhatikan suara paru-paru ini memiliki pitchnya rendah dibawah 600 Hz (2),(3). Durasi antara proses inspirasi dan ekspirasinya hampir sama lamanya (1). Antara suara inspirasi dan ekspirasi tidak terdapat jeda sehingga suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchovesicular.



Gambar 4.14 Front panel suara pasien 4

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien 4 didapat bahwa suara tersebut termasuk suara normal. Dengan memperhatikan pola inspirasi dan ekspirasi yang memiliki pitchnya yang rendah (3) namun durasi inspirasi dan ekspirasinya hampir sama lamanya (1) maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchovesicular. Dari grafik juga terlihat antara suara inspirasi dan ekspirasi memiliki frekuensi yang hampir sama (2)



Gambar 4.15 Front panel suara pasien 5

Dari hasil interpretasi suara paru-paru pasien 5 didapat bahwa suara tersebut tergolong suara normal. Dengan melihat pola inspirasi dan ekspirasi yang pitchnya lebih pelan dan rendah (2) tetapi durasi inspirasi dan ekspirasinya hampir sama lamanya (1) maka suara paru-paru ini dapat digolongkan dengan suara normal bronchovesicular. Pada suara ini juga terlihat antara proses inspirasi dan ekspirasi yang memiliki frekuensi yang relatif merata (3).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- a. Dengan menggunakan metode Fast Fourier transform (FFT), Short Time Fourier Transform (STFT) dan Wavelet Transform (WT) dapat mempermudah dalam interpretasi dan analisa jenis suara paru-paru normal maupun suara paru-paru adventitious.
- b. Pada suara paru-paru normal didapatkan memiliki range frekuensi 100Hz-1250Hz.
- c. Sedangkan untuk suara adventitious didapatkan memiliki range frekuensi 100Hz-2000Hz.
- d. Dari data pengamatan langsung terhadap semua pasien didapat bahwa semua pasien memiliki pola suara paru-paru normal dan dapat digolongkan dalam kategori suara paru-paru normal bronchial dan bronhovesicular.

5.2 Saran

- a. *Electrets condenser microphone* yang digunakan hendaknya memiliki frekuensi yang lebih rendah lagi dibawah 20 Hz.
- b. Dengan dilakukan proses auskultasi dengan satu stetoskop, diharapkan dilanjutkan dengan akuisisi *multichannel*.
- c. Untuk akuisis suara paru-paru perlu dicoba dengan menggunakan filter yang lebih baik.
- d. Untuk pengamatan auskultasi secara langsung dapat dicoba untuk pasien yang lebih banyak, dan belum dicoba untuk pasien yang memiliki masalah paru-paru (berpenyakit paru-paru).

DAFTAR ACUAN

- [1] A.R.A. Sovijarvi, J. Vanderschoot, J.E.Earis. (2000). Standarization of Computerezed Respiratory Sound Analysis. *European Respiratory Review*.
- [2] Simanjuntak, R. (2010). *Sistem instrumentasi untuk identifikasi dan analisis suara paru-paru*. Skripsi Departemen Fisika.Universitas Indonesia, Depok.
- [3] Kahya, Y. P., Yerer, S., & Cerid, O. (2001). *A wavelet-based instrument for detection of crackles in pulmonary sounds*. Paper presented at the Engineering in Medicine and Biology Society, 2001. Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE.
- [4] A.R.A. Sovijarv, L.P. Malmberg, G. Charbonneau, J.Vanderschoot, F. Dalmasso, C. Sacco, J.E.Earis. (2000). Characteristics of beath sounds and adventitious respiratory sounds. *European Respiratory Review*.
- [5] Hans Paterkamp, Steve S. Kraman, & Wodicka., G. R. (1997). Respiratory sound advance beyond the stetoscope. *America journal of respiratory and critical care medicine*.
- [6] Chiharu Yossii, & Masamitsu, K. (2000). Lung Sound Auscultation Trainer. *Division of Respiratory Disease Universty of Accupational and Environment Health*.
- [7] Tan, L. (2008). *Digital Signal Processing Fundamentals and Aplications*.California:Elsevier.
- [8] Kehtarnavaz, N. (2005). Real time digital signal processing based on the tms320c6000.Oxford Elsevier

- [9] Yi, G. A. (2004). *A Software toolkit for acoustic respiratory analysis*. Bachelor of Science in Electrical Engineering and Computer Science and Master of Engineering in Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of technology.
- [10] Jurado, F., & Saenz, J. R. (2002). Comparison between discrete STFT and wavelets for the analysis of power quality events. *Electric Power Systems Research*, 62(3), 183-190. doi: 10.1016/s0378-7796(02)00035-4
- [11] Rowan Polikar. *an Introduction to Wavelet*. Oktober 22 2001. <http://users.rowan.edu/~polikar/wavelets/wttutorial.html>
- [12] Jung Jun, L., Sang Min, L., In Young, K., Hong Ki, M., & Seung Hong, H. (1999). *Comparison between short time Fourier and wavelet transform for feature extraction of heart sound*. Paper presented at the TENCON 99. Proceedings of the IEEE Region 10 Conference.
- [13] B. A. Reyes, S. Charleston-Villalobos, R. Gonzalez-Camarena, and T. Aljama-Corrales, Analysis of discontinuous adventitious lung sounds by Hilbert-Huang spectrum, in *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*, 2008, pp. 3620-3623.