

# **Desain Prototipe *Front End* Stetoskop Digital**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Wawan Sutrisna**

**16524111**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Universitas Islam Indonesia**

**Yogyakarta**

**2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

Desain Prototipe *Front End* Stetoskop Digital

**TUGAS AKHIR**  
**ISLAM**  
UNIVERSITAS INDONESIA

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Wawan Sutrisna  
16524111

البحث العلمي  
Yogyakarta, 26-januari-2021  
الجامعة الإسلامية

Menyetujui,

Pembimbing



Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D.

045240101

# LEMBAR PENGESAHAN

## SKRIPSI

### Desain Prototipe *Front End* Stetoskop Digital

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Wawan Sutrisna**

**16524111**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: **9 Februari 2021**

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D., 

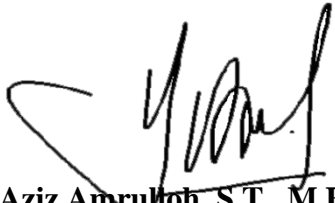
Anggota Penguji 1: Dwi Ana Ratna Wati, S.T., M.Eng., 

Anggota Penguji 2: Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T., 

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: **23 Februari 2021**

Ketua Program Studi Teknik Elektro

  
Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Eng., Ph.D.

**045240101**

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 27 Februari 2021



Wawan Sutrisna



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatu*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha penyayang, yang telah melimpahkan rahmat ,hidayah dan serta karunianya sehingga Tugas akhir yang berjudul: **“Desain Prototipe Front End Stetoskop Digital”** ini dapat diselesaikan dengan lancer dan baik. Tidak lupa Shalawat serta Salam tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi kita semua.

Tujuan penulisan laporan tugas akhir ini sebagai salah satu syarat untuk kelulusan Pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta dan diharapkan dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai kalangan atau pihak terkait, untuk itu penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan. Penulis mengucapkan terimakasih antara lain kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Ibu dan Bapak atas dukungan,moral dan material yang diberikan..
2. Bapak Yusuf Aziz Amrulloh, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan juga selaku Dosen Pembimbing tugas akhir yang telah mendampingi dan memberikan banyak masukan dalam penulisan laporan ini.
3. Seluruh dosen dan pegawai Program Studi Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu yang membantu menyelesaikan penelitian ini.
4. Teman-teman Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia khususnya Angkatan 2016 yang telah mendukung penelitian ini.
5. Seluruh pihak yang terlibat yang telah memberikan masukan dan arahan hingga laporan skripsi ini selesai.

Akhir kata penulis sampaikan harapan semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang cukup berarti khusus bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Semoga Allah SWT senantiasa selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

26 Januari 2021

Wawan Sutrisna

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Keterangan
MEMS	<i>Micro-Electro-Mechanical System</i>
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i>
ADC	<i>Analog Digital Converter</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>



## ABSTRAK

Auskultasi merupakan salah satu teknik untuk mendengarkan suara di dalam tubuh menggunakan stetoskop. Stetoskop terdiri dari jenis analog (suara didengarkan langsung oleh telinga) dan elektronik (suara diubah ke sinyal listrik untuk didengarkan atau diproses lebih lanjut). Walaupun secara umum lebih mahal, stetoskop elektronik mempunyai banyak keunggulan dibandingkan stetoskop analog. Di sisi lain, *smartphone* merupakan perangkat komputasi *powerful* yang hampir dimiliki semua orang. Untuk itu pada tugas akhir ini, penulis mendesain perangkat *front-end* stetoskop elektronik yang dapat dihubungkan dengan *smartphone*, sehingga harga menjadi lebih murah. Perangkat *front-end* terdiri dari dua bagian yaitu *chest piece* dan sensor suara. Desain *Chest piece* untuk prototipe *front end* dibuat dengan menggunakan *software* SolidWork dan desain tersebut akan dicetak dengan menggunakan *3D printer*. Sensor suara yang digunakan adalah modul mikrofon ADMP401 dan mikrofon Lavalier BY-M1. Sensor tersebut akan diletakkan dalam *Chest piece*. Kemudian akan dihubungkan ke *smartphone* dengan aplikasi perekam suara. Untuk mengetahui kualitas suara hasil perekaman dari prototipe *front-end*, akan dibandingkan dengan stetoskop elektronik Littmann 3200. Dari analisis yang dilakukan, diperoleh hasil prototipe *front end* yang menggunakan mikrofon Lavalier BY-M1 lebih baik daripada menggunakan modul mikrofon ADMP401. Hasil tersebut didapatkan dari perbandingan tanggapan pada suara yang direkam. Kemudian pada mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,01$  sedangkan pada modul mikrofon ADMP401 memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,005$ . Jika dibandingkan dengan stetoskop elektronik Littmann 3200 yang memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,05$ , maka yang mendekati hasil yang baik ialah prototipe *front end* dengan menggunakan mikrofon Lavalier BY-M1.

**Kata Kunci:** Auskultasi, Prototipe, *3D printer*, Stetoskop, Mikrofon.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Studi Literatur .....	3
2.2 Tinjauan Teori.....	4
2.2.1 Stetoskop.....	4
2.2.2 Mikrofon <i>Condenser</i> .....	5
2.2.3 Mikrofon MEMS.....	6
2.2.4 SolidWorks.....	8
2.2.5 Matlab .....	8
BAB 3 METODOLOGI.....	9
3.1 Desain struktur <i>front-end</i> stetoskop.....	9



3.2	Prosedur perekaman suara .....	11
3.3	Analisis data hasil rekaman .....	13
3.3.1	Analisis di Kawasan waktu .....	13
3.3.2	Analisis di Kawasan Frekuensi .....	14
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		15
4.1	Hasil Desain struktur <i>front-end</i> stetoskop .....	15
4.1.1	Modul Mikrofon ADMP401 .....	15
4.1.2	Mikrofon Lavalier BY-M1 dalam <i>Casing Chest piece 3D printer</i> .....	16
4.2	Hasil Data Rekaman suara.....	17
4.2.1	Hasil Perekaman pada Kawasan Waktu.....	17
4.2.2	Hasil Perekaman pada Kawasan Frekuensi .....	24
4.2.3	Kelebihan dan Kekurangan pada Prototipe <i>front end</i> Stetoskop .....	30
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		31
5.1	Kesimpulan .....	31
5.2	Saran .....	31
DAFTAR PUSTAKA .....		32
LAMPIRAN .....		33



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur stetoskop [4].	4
Gambar 2.2 Stetoskop elektronik [5]	5
Gambar 2.3 Mikrofon <i>Condenser</i> [6]	6
Gambar 2.4 MEMS Mikrofon [7]	7
Gambar 2.5 <i>Analog schematic</i> (Kiri) dan <i>digital schematic</i> (Kanan) [7].	7
Gambar 3.1 Diagram blok prototipe <i>front-end</i> stetoskop	9
Gambar 3.2 Desain 3D <i>printer Chest piece</i> stetoskop	9
Gambar 3.3 Modul mikrofon ADMP401 dan rangkaian catu daya 3,3 VDC	10
Gambar 3.4 Mikrofon Lavalier BY-M1	11
Gambar 3.5 Titik pengambilan data suara jantung (A), suara nafas (B) dan suara perut (C)	13
Gambar 3.6 Contoh tanggapan <i>amplitude</i> kawasan waktu [8]	14
Gambar 3.7 Contoh tanggapan <i>magnitude</i> kawasan frekuensi [9]	14
Gambar 4.1 Hasil cetak <i>Chest piece</i> 3D <i>printer</i>	15
Gambar 4.2 Mikrofon ADMP401, catu daya 3,3 VDC dan <i>Chest piece</i> 3D printing	16
Gambar 4.3 Mikrofon Lavalier BY-M1 dan <i>Chest piece</i> 3D printing	16
Gambar 4.4 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 1	18
Gambar 4.5 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 2	18
Gambar 4.6 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 3	19
Gambar 4.7 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 1	19
Gambar 4.8 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 2	20
Gambar 4.9 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 3	20
Gambar 4.10 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 1	21
Gambar 4.11 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 2	21
Gambar 4.12 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 3	22
Gambar 4.13 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 1	25
Gambar 4.14 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 2	25
Gambar 4.15 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 3	26
Gambar 4.16 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 1	26
Gambar 4.17 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 2	27
Gambar 4.18 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 3	27
Gambar 4.19 Tanggapan perekaman suara perut kawasan frekuensi pada subjek 1	28
Gambar 4.20 Tanggapan perekaman suara perut kawasan frekuensi pada subjek 2	28



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar perangkat <i>hardware</i> .....	11
Tabel 3.2 Spesifikasi stetoskop elektronik Littmann 3200 .....	12
Tabel 4.1 Data subjek pengambilan data .....	17
Tabel 4.2 Nilai <i>SNR</i> pada subjek 1 .....	23
Tabel 4.3 Nilai <i>SNR</i> pada subjek 2 .....	23
Tabel 4.4 Nilai <i>SNR</i> pada subjek 3 .....	23
Tabel 4.5 Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari Mikrofon Lavalier BY-M1 dan Modul Mikrofon ADMP41 .....	30



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Auskultasi adalah salah satu dasar teknik untuk mengevaluasi fungsi organ tubuh [1]. Pada teknik tersebut dokter memerlukan sebuah alat yang dinamakan stetoskop. Pada penggunaan stetoskop diperlukan latihan dan pengalaman yang jangka panjang, bahkan untuk seorang ahli jantung muda diperlukan pengalaman klinis beberapa tahun [1]. Pengamatan yang dilakukan dengan alat stetoskop diperlukan tingkat kepekaan terhadap suara yang tinggi. Hal ini diperlukan karena dalam penggunaan stetoskop yang tidak tepat dapat mengakibatkan kesalahan dalam mengambil kesimpulan atau diagnosis pada pasien [1]. Pada stetoskop analog tidak dapat dilakukan perekaman data dikarenakan tidak adanya alat perekam digital. Namun, pada stetoskop elektronik suara pada tubuh pasien dapat dikonversi ke dalam bentuk data digital yang bisa disimpan atau diproses lebih lanjut.

Pada stetoskop elektronik atau digital memerlukan sebuah sensor suara yang dapat menerima suara jantung, paru-paru dan perut agar didapatkan hasil yang diinginkan atau akurat. Namun, harga stetoskop elektronik dan digital yang beredar dipasaran memiliki harga yang cukup mahal dan tidak semua tenaga kesehatan dapat menjangkaunya. Pada era sekarang semua orang sudah memiliki *smartphone* yang mana *smartphone* tersebut dapat digunakan sebagai akuisisi data dan *signal processing*. Data suara rekaman pada *smartphone* dapat didengarkan kembali dan *smartphone* juga dapat mengirim *file* rekaman suara tersebut untuk mempermudah diagnosis oleh dokter. Selanjutnya, pada era sekarang juga sudah banyak dijumpai *3D printer* dan hal tersebut dapat mempermudah seseorang untuk memproduksi sebuah produk dengan bahan yang sesuai dengan keinginan pembuatnya. Lalu untuk harga jasa percetakan *3D printer* cukup terjangkau, karena pada umumnya biaya dihitung dari berat hasil *3D printer* yang dicetak.

Dari penjelasan pada paragraf di atas, hal-hal tersebut yang menjadikan landasan penulis untuk membuat “**Desain Prototipe Front End Stetoskop Digital**”, sebuah stetoskop digital yang memiliki harga yang terjangkau dan mudah untuk digunakan. Pada prototipe yang akan dibuat terdiri dari gabungan sensor suara (mikrofon) dan *Chest piece* stetoskop dari hasil *3D printer*. Kemudian harapan dari pembuatan prototipe ini ialah terciptanya sebuah stetoskop digital dengan harga relatif murah dan mudah digunakan oleh dokter.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada latar belakang adalah bagaimana mendesain dan merealisasikan bagian *front end* stetoskop digital dengan harga yang terjangkau.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Prototipe yang dibuat meliputi *Chest piece* dan sensor suara,
- b. Aplikasi yang digunakan untuk menguji dikerjakan oleh pihak ketiga,
- c. Suara yang direkam merupakan suara jantung, suara nafas dan suara perut,
- d. Stetoskop elektronik yang digunakan untuk pembandingan ialah stetoskop elektronik Littmann 3200.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat prototipe *front end* stetoskop digital yang dapat dihubungkan ke *smartphone*.
2. Menganalisis hasil rekaman suara dari prototipe *front-end* stetoskop digital.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah:

- a. Menyediakan alternatif *front end* stetoskop digital yang murah,
- b. Menyediakan alternatif *front end* stetoskop digital yang bisa dihubungkan dengan *smartphone*.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang stetoskop digital telah dilakukan oleh beberapa peneliti, dan salah satu dasar dari penelitian stetoskop digital adalah dengan menggunakan stetoskop yang sudah ada [2]. Dalam penelitian stetoskop ini ada beberapa komponen yang digunakan, yaitu mikrofon MEMS (*Microelectromechanical system*) dan mikrofon *Condenser* sebagai sensor suara. Kemudian dari kedua jenis sensor suara tersebut akan dihubungkan dengan *Chest piece 3D printer*. Pada penelitian [1] tentang siklus jantung, yaitu bunyi yang dihasilkan oleh jantung berasal dari turbulensi darah. Turbulensi darah terjadi dikarenakan percepatan pada retardasi darah yang berada di dalam bilik arteri dan juga disebabkan oleh kontraksi atau penutupan pada katup jantung. Bunyi jantung pertama (S1) dan bunyi jantung kedua (S2) dapat didengarkan dengan jelas dalam satu siklus jantung [1]. Kemudian S1 didapatkan pada akhir kontraksi pembuluh nadi pada interval tulang rusuk dan dapat terdengar dengan jelas pada jarak antara tulang rusuk kelima yang terdapat pada garis tengah klavikula kiri [1]. Karakteristik S1 adalah nada rendah dan durasi yang panjang. Kemudian pada S2 dapat terdengar selama pada tekanan darah dan dapat didengarkan dengan jelas di daerah auskultasi antara katup aorta dan katup paru. Berbeda dengan S1, pada S2 memiliki karakteristik berupa nada tinggi dan batas waktu yang singkat [1]. S1 dan S2 mempunyai informasi data yang penting dalam auskultasi bunyi jantung. Namun terkadang S3 dan S4 juga dapat terdengar [1]. Suara jantung dalam penelitian [1], memiliki rentang frekuensi yang bernilai 5-600 Hz dan dapat dibagi beberapa tingkatan frekuensi, dimulai dari frekuensi suara tinggi memiliki rentang diatas 120 Hz, kemudian pada frekuensi suara menengah memiliki rentang 80-120 Hz, dan pada frekuensi suara rendah memiliki rentang di bawah 80 Hz [1]. Kemudian pada S3 dan S4 mempunyai frekuensi sebesar 10-50 Hz, selanjutnya pada S1 dan S2 sebesar 50-100 Hz. Pada daerah murmur diastolik umumnya memiliki rentang frekuensi 40-80 Hz, terkadang dapat mencapai 140 Hz. Lalu pada murmur frekuensi tinggi sebesar 100-600 Hz, juga terkadang dapat mencapai 1 kHz kemudian pada gesekan *pericardial* memiliki frekuensi 100-600 Hz [1].

Menurut penelitian [3], suara jantung dan murmur mempunyai karakteristik yang berulang, di mana bunyi jantung pertama dan bunyi jantung kedua diulang dengan frekuensi yang sama. Siklus jantung umumnya memiliki sebaran frekuensi mulai dari 1,5 Hz hingga 2 Hz. Pada sisi lain, murmur jantung memiliki sebaran frekuensi sekitar 400-500 Hz. Suara jantung dan murmur yang diambil oleh stetoskop analog harus dikonversi ke dalam format digital untuk memanfaatkan teknologi komputasi modern. Proyek yang dirancang pada penelitian [3] adalah membuat

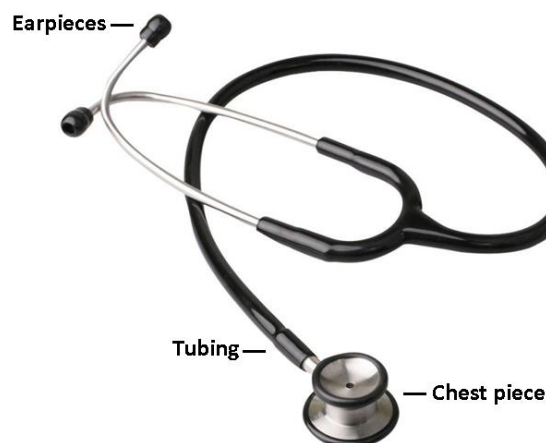
stetoskop digital dengan mikrofon internal untuk menggantikan potongan pipa dan *earphone* yang khas. Pada mikrofon akan mengubah gelombang tekanan suara menjadi potensial tegangan listrik dengan rentang dinamis tidak lebih dari 15 mV [3]. Sebuah rangkaian dirancang dan dibangun dengan *Amplifier* dan *Low Pass Filter* untuk menghilangkan komponen frekuensi yang lebih tinggi dari 1000 Hz. Hal tersebut dibuat agar dapat memastikan suara dan murmur jantung dapat terekam dalam bentuk digital dengan benar. Peneliti [3] memilih frekuensi sampling sebesar 2000 Hz dan konversi analog ke digital dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler arduino.

Dari penelitian [1], penulis mengambil dasar untuk menetapkan sebaran frekuensi suara tubuh yang akan direkam. Kemudian penelitian [3] digunakan sebagai referensi memilih sensor suara yang akan dibuat sebagai prototipe. Kedua penelitian tersebut, bagian stetoskop menggunakan rakitan modul filter yang relatif akan menambah biaya produksi. Oleh karena itu dalam penelitian ini penulis lebih memanfaatkan desain *chest piece* yang dicetak dengan mesin *3D printer* dan menggunakan modul mikrofon yang relatif murah dan dapat dihubungkan langsung dengan *smartphone*, kemudian akan dibandingkan juga dengan stetoskop elektronik yang telah beredar dipasaran.

## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Stetoskop

Stetoskop merupakan alat medis yang digunakan untuk mendengarkan suara jantung, paru-paru, dan pencernaan. Stetoskop dibagi menjadi dua jenis, yaitu stetoskop analog dan stetoskop elektronik. Stetoskop analog mempunyai struktur dan bagian, seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur stetoskop [4].

Pada Gambar 2.1 terdapat komponen stetoskop analog yaitu; *Tubing*, *Earpieces*, dan *Chest piece*. *Tubing* merupakan bagian dari stetoskop yang mempunyai bentuk tabung tipis dan panjang



seperti sebuah selang. Selang tersebut mempunyai fungsi untuk menyalurkan suara dari *diaphragm* atau *bell* menuju *earpieces* [4]. Kemudian *earpieces* adalah bagian pada stetoskop yang diletakan pada telinga untuk mendengarkan suara yang telah disalurkan dari *Tubing*. Bahan *earpieces* pada umumnya karet yang bersifat lembut, hal tersebut agar nyaman digunakan pada pemakaian di telinga dan bahan karet dapat membantu meredam suara dari luar [4]. Kemudian bagian *chest piece* terbagi menjadi dua bagian, yaitu *bell* dan *diaphragm*. Bagian *bell* merupakan bagian pada stetoskop yang berbentuk lingkaran dan terletak pada bagian belakang *diaphragm*, kemudian memiliki ukuran yang lebih kecil daripada *diaphragm*. Bagian *bell* memiliki fungsi untuk mendengarkan suara atau bunyi berfrekuensi rendah, seperti bunyi jantung [4]. *Diaphragm* adalah bagian yang mempunyai membran atau sebuah lapisan tipis yang terletak pada ujung kepala stetoskop, membran tersebut terbuat dari piringan tipis mempunyai bentuk seperti piringan. *Diaphragm* sendiri mempunyai fungsi untuk mendengarkan bunyi atau suara yang mempunyai frekuensi tinggi, seperti suara mengi pada paru-paru [4].

Stetoskop elektronik memiliki beberapa bagian yang meliputi sensor suara dan ADC (*Analog Digital Converter*). Sensor suara sebagai *chest piece* dan ADC sebagai *tubing*. Stetoskop elektronik memiliki fungsi untuk merekam suara yang didengar agar hasil rekaman tersebut menjadi arsip data diagnosis seorang pasien. Untuk contoh stetoskop elektronik dapat dilihat pada Gambar 2.2.

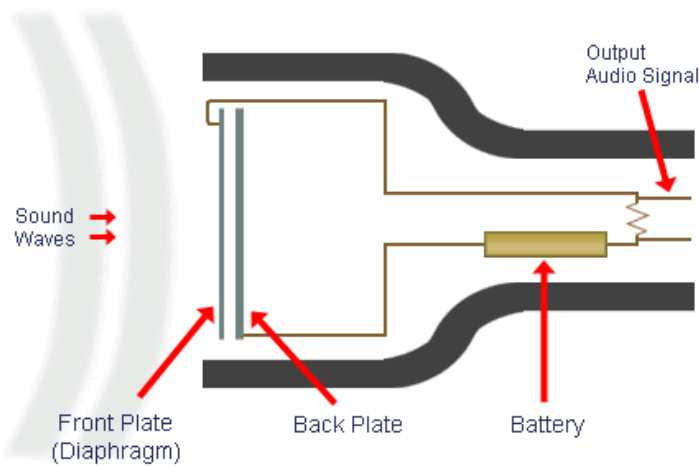


Gambar 2.2 Stetoskop elektronik [5]

### 2.2.2 Mikrofon Condenser

Mikrofon merupakan alat yang mengkonversi bunyi atau gelombang suara menjadi sebuah isyarat listrik untuk memperkuat bunyi tersebut dan juga dapat digunakan untuk merekam bunyi. Salah satu jenis mikrofon yang beredar ialah mikrofon jenis *condenser*. Mikrofon jenis *condenser*

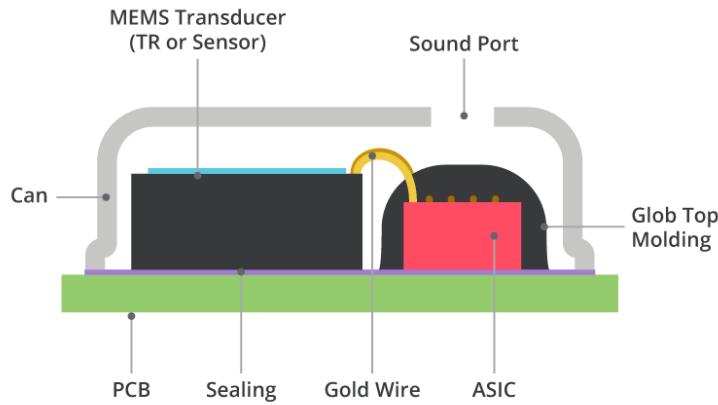
memiliki bentuk bulat kecil dan di dalam mikrofon ini terdapat dua buah plat yang tipis berfungsi sebagai diafragma, dari kedua *plate* tersebut akan menerima getaran yang berasal dari luar atau dapat disebabkan oleh perbedaan tekanan udara dalam setiap detik sehingga menimbulkan getaran. Pada mikrofon *condenser* terdapat polaritas positif dan negatif, oleh sebab itu pemasangan mikrofon tidak boleh terbalik dan mendapatkan arus tegangan searah. Meskipun mikrofon *condenser* membutuhkan tegangan untuk mengaktifkannya, namun hanya tegangan kecil yang dibutuhkan. Untuk rangkaian pada mikrofon *condenser* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mikrofon *Condenser* [6]

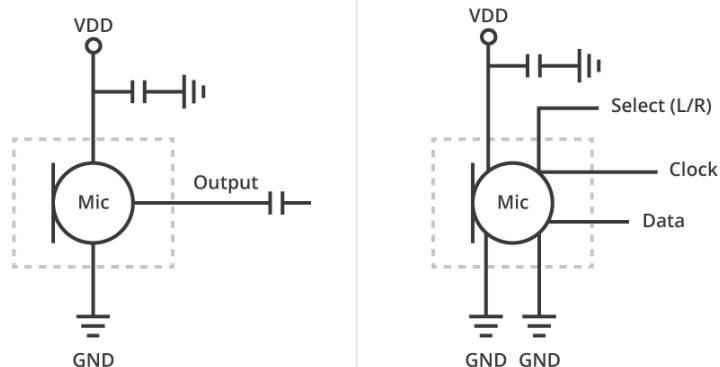
### 2.2.3 Mikrofon MEMS

Mikrofon MEMS merupakan mikrofon yang terbuat dari komponen MEMS (*Micro-Electro-Mechanical System*) dan diletakan pada sebuah papan PCB (*printed circuit board*) yang kemudian dilindungi atau dilapisi dengan penutup mekanis. Sebuah lubang kecil yang terdapat pada *casing* mikrofon dibuat untuk memungkinkan suara masuk ke dalam mikrofon dan lubang tersebut disebut *top-porting* jika lubang terletak dipenutup atas atau *bottom-porting* jika lubang terletak di PCB [7]. Komponen MEMS sering dirancang dengan diafragma mekanis dan struktur pemasangan yang dibuat pada cetakan semikonduktor.



Gambar 2.4 MEMS Mikrofon [7]

Pada Gambar 2.4 diafragma MEMS menjadi kapasitor dan gelombang tekanan suara menyebabkan pergerakan diafragma. Mikro MEMS pada umumnya berisi cetakan semikonduktor kedua yang mempunyai fungsi sebagai *pre-amplifier* audio, yang mengubah kapasitansi MEMS menjadi sinyal listrik. *Output* atau keluaran dari *Pre-amplifier* disediakan untuk pengguna jika sinyal keluaran analog diinginkan. Jika sinyal *Output* atau keluaran digital yang diinginkan, maka dapat menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) kemudian disertakan pada cetakan yang sama dengan *pre-amplifier audio*. Format umum yang digunakan untuk pengkodean digital pada mikrofon MEMS adalah PDM (*Pulse Density Modulation*) yang memungkinkan komunikasi hanya dengan *clock* dan satu *data line*. Penguraian sinyal digital pada penerima disederhanakan karena pengkodean data *bit* tunggal. Struktur perbedaan pengaplikasian analog dan digital dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Analog schematic* (Kiri) dan *digital schematic* (Kanan) [7].

#### 2.2.4 SolidWorks

Solidworks lebih dikenal dengan *Software* program mekanikal 3D CAD (*Computer Aided Design*) yang dapat berjalan pada produk Microsoft Windows. Jenis *file* Solidworks pada Microsoft Windows merupakan *file* yang terstruktur. Hal ini memungkinkan *file* tertanam dalam setiap SLDDRW (*file* gambar), SLDASM (*file assembly*), SLDPRT (*part file*) dengan *bitmap preview* dan *metadata sub-file*. Berbagai *tools* dapat dipakai untuk melakukan ekstrak sebuah *sub-file*, walaupun *sub-file* pada umumnya menggunakan format *file* biner. Solidworks merupakan *parasolid* yang dasarnya ialah *solid modelling* dan menggunakan pendekatan fitur parametrik dalam membuat model dan *assembly* atau perakitanannya. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau sebuah geometri dari desain model. Parameter yang diambil dapat berupa nilai numerik, sebagai contoh panjang garis atau nilai diameter lingkaran. Kemudian dapat juga diambil dari nilai geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horisontal dan vertikal. Parameter numerik dapat dihubungkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan yang memungkinkan mereka dapat menangkap maksud dari desain yang telah dibuat.

#### 2.2.5 Matlab

Matlab atau *Matrix Laboratory* adalah sebuah *software* aplikasi interaksi dalam melakukan komputasi numerik dan *visual data*. Bahasa yang digunakan oleh Matlab sendiri merupakan Bahasa tingkat tinggi (*High Level Language*). Kemudian pada Matlab mempunyai banyak fitur yang dapat dimanfaatkan seperti menyelesaikan kasus yang berkaitan langsung dengan ilmu matematika, contoh pada bidang fisika, rekayasa teknik, statistika, komputasi, maupun pemodelan. Pada Matlab juga dapat dilakukan analisis data, membuat model, mengembangkan sebuah algoritma, ataupun membuat sebuah aplikasi. *Tools, Language* dan fungsi pada *built-in* pada aplikasi tersebut dapat meringankan pengguna dalam mengeksplorasi banyak hal pendekatan dan memperoleh solusi dengan lebih cepat jika dibandingkan dengan aplikasi *spreadsheets* atau pada bahasa pemrograman yang cukup tradisional ialah C/C++ atau *Java*.

Kemudian pada konsep matriks atau *array* dalam Matlab sebagai dasar standard variabel elemennya dengan tidak perlu melakukan deklarasi *array* seperti yang digunakan dalam bahasa pemrograman lainnya. *Array* adalah kumpulan data yang diatur dalam baris dan kolom, dan juga diwakilkan oleh sebuah nama. Nilai pada setiap data yang terdapat pada sebuah *array* dapat diakses dengan memasukan/meng-*input* nama dari *array* beserta dengan posisinya dalam baris dan kolom berapa. Dalam sebuah pendidikan Matlab dapat digunakan untuk menjadi sebuah *software* pemrograman standard dalam bidang matematika dan rekayasa, serta pada lingkungan industri menjadi pilihan *software* dalam melakukan riset, komputasi dan analisis.

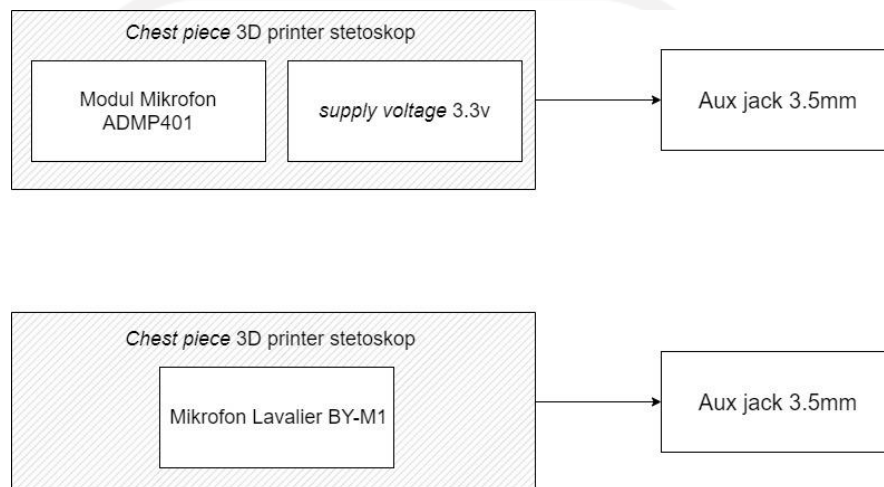
## BAB 3

### METODOLOGI

Tugas akhir ini terdiri dari proses desain dan realisasi *front-end* stetoskop, perekaman suara dan analisis suara hasil rekaman. Detail dari masing-masing proses dijelaskan sebagai berikut.

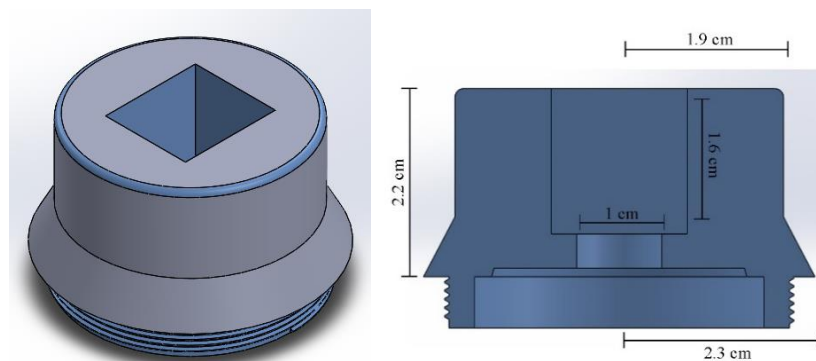
#### 3.1 Desain struktur *front-end* stetoskop

Prototipe *front-end* stetoskop terdiri dari *Chest piece* dan sensor. Untuk diagram blok dari struktur *Chest piece* stetoskop ditunjukkan pada Gambar 3.1.



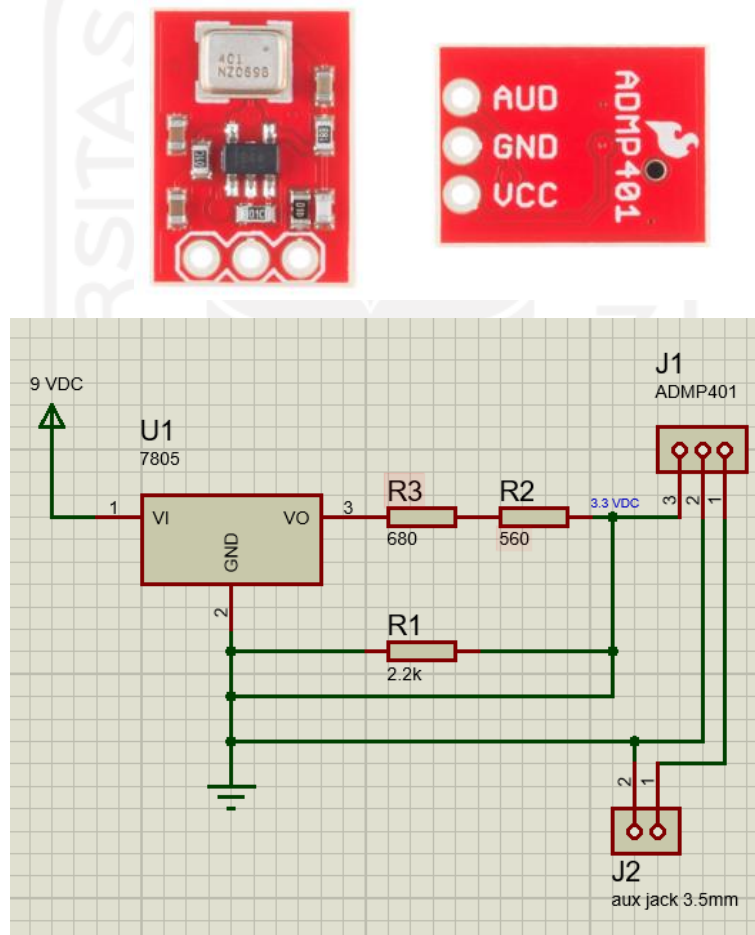
Gambar 3.1 Diagram blok prototipe *front-end* stetoskop

Sebelum mencetak *Chest piece*, langkah pertama yang dilakukan mendesain *Chest piece* dalam bentuk 3D, *software* yang digunakan untuk mendesain *Chest piece* ialah Solidworks. Bentuk desain *Chest piece* mengambil referensi *Chest piece* analog, namun untuk tingkat ketebalannya lebih tinggi dikarenakan bahan cetak 3D atau filamen yang digunakan adalah jenis PLA yang memiliki tingkat kepadatan yang kurang. Desain 3D dari *Chest piece* dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain 3D printer *Chest piece* stetoskop

Kemudian untuk sensor yang digunakan dalam penelitian ini ada dua, yaitu modul mikrofon ADMP401 dan Mikrofon Lavalier BY-M1. Pada modul mikrofon ADMP401 tersebut sudah terdapat *pre-amplifier* dan untuk ukurannya mempunyai diameter 1,2 cm x 1,6 cm. Kemudian untuk mengaktifkan modul mikrofon ADMP401 perlu catu daya sebesar 3,3 VDC dan modul mikrofon ADMP401 ini perlu *aux jack audio* 3,5 mm untuk dapat terhubung pada *smartphone*. Untuk rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.3. Kemudian sensor selanjutnya ialah mikrofon Lavalier BY-M1. Mikrofon tersebut merupakan jenis mikrofon *condenser* dan mikrofon ini mempunyai jarak frekuensi dari 65Hz hingga 18kHz, lalu untuk dimensi ukuran mikrofon sebesar tinggi 18 mm dan lebar 8,30 mm. Kemudian mikrofon memiliki panjang kabel hingga 6 meter dan dapat terhubung langsung pada *smartphone*. Untuk sensor dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Modul mikrofon ADMP401 dan rangkaian catu daya 3,3 VDC



Gambar 3.4 Mikrofon Lavalier BY-M1

### 3.2 Prosedur perekaman suara

Sebelum melakukan perekaman suara, diperlukan perangkat. Berikut daftar perangkat *hardware* yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Daftar perangkat *hardware*

No	Komponen <i>Hardware</i>
1	Modul mikrofon ADMP401
2	Mikrofon Lavalier BY-M1
3	Stetoskop elektronik Littmann 3200
4	<i>Smartphone</i> Xiaomi Redmi note 4
5	Komputer Acer Aspire e 14 e5-475g

Dari Tabel 3.1 di atas modul mikrofon ADMP401 dan mikrofon Lavalier BY-M1 berfungsi sebagai sensor suara. *Smartphone* Xiaomi Redmi Note 4 digunakan sebagai alat perekam suara dari modul mikrofon ADMP401 dan mikrofon Lavalier BY-M1. Stetoskop elektronik Littmann 3200 digunakan sebagai pembanding protipe *front end* stetoskop digital yang akan dibuat. Kemudian komputer Acer Aspire e 14 e5-475g digunakan untuk merekam data suara dari stetoskop elektronik Littmann 3200, dikarenakan untuk stetoskop elektronik Littmann 3200 aplikasi yang digunakan hanya bisa terpasang Komputer.

Tabel 3.2 Spesifikasi stetoskop elektronik Littmann 3200

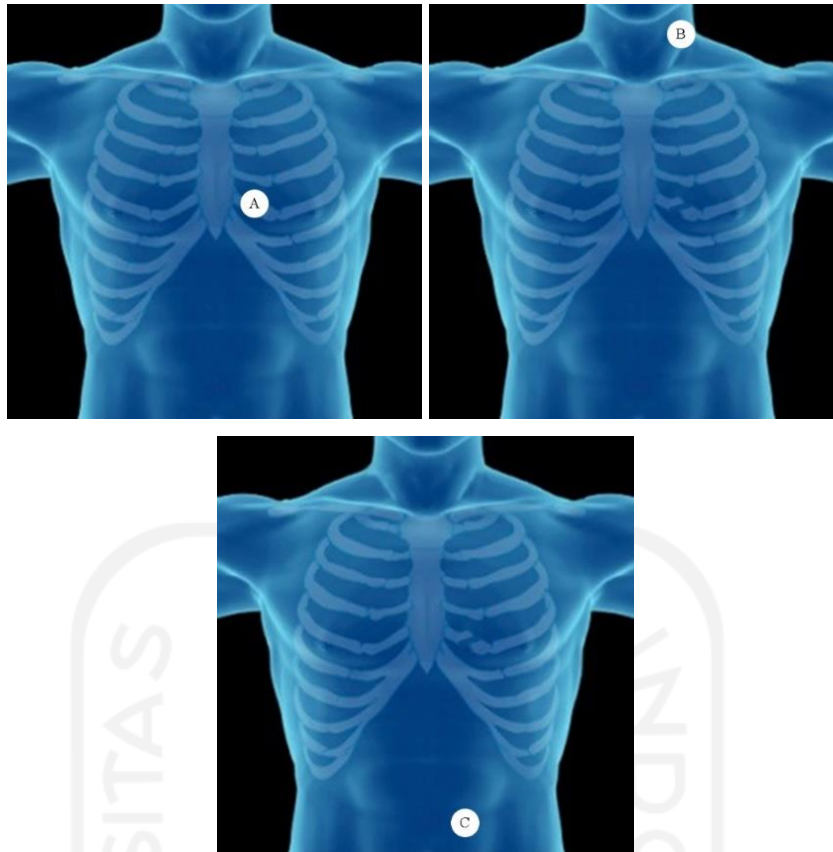
No	Spesifikasi Stetoskop elektronik Littmann 3200
1	Merekam dan menyimpan suara sebanyak 12 trek suara selama 30 detik
2	Mengirimkan suara melalui <i>Bluetooth</i> , namun untuk aplikasinya hanya di Komputer
3	Dapat didengarkan dari jarak jauh
4	Perkuat suara sebesar 24 kali

Spesifikasi stetoskop elektronik Littmann 3200 dapat dilihat pada Tabel 3.2. Kemudian pada perekaman suara dilakukan dengan cara menghubungkan antara prototipe *front end Chest piece 3D printer* dan *smartphone*. Pada *smartphone* sudah terpasang aplikasi pihak ketiga yaitu *Your Heart Beat*. Prototipe *front end Chest piece 3D printer* dan *smartphone* dihubungkan dengan menggunakan *aux jack audio* 3,5 mm. Kemudian untuk stetoskop elektronik Littmann 3200, untuk perekaman data menggunakan aplikasi Littmann StethAssist dan menghubungkannya ke komputer karena aplikasi tersebut hanya dapat digunakan pada versi komputer. Kemudian data dan hasil rekaman dari perekaman suara akan ditampilkan dengan menggunakan *software* Matlab 2015a dalam bentuk plot sinyal suara. Lokasi perekaman dilakukan dalam ruangan kedap suara, gambaran lokasi dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Pengambilan data dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Subjek akan diambil data suara dengan menggunakan prototipe *Chest piece 3D printer* sebanyak 3 subjek,
2. Sebelum dilakukan pengambilan data, subjek dalam keadaan tidak mengonsumsi makanan/minuman kafein, tidak olahraga sebelumnya dan kondisi sehat,
3. Setting setiap alat (menghubungkan stetoskop ke *smartphone*, dan menempatkan posisi perekaman) dibutuhkan sekitar  $\pm 1$  menit,
4. Setiap subjek diambil datanya dalam posisi duduk dan rileks
5. Perekaman data subjek (suara jantung, suara nafas dan suara perut) dilakukan selama  $\pm 60$  detik,
6. Saat perekaman, prototipe *front end Chest piece 3D printer* dan stetoskop elektronik Littmann 3200 ditempelkan tanpa menyentuh kulit secara langsung (kecuali, pada saat pengambilan suara nafas),
7. Titik pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 3.5





Gambar 3.5 Titik pengambilan data suara jantung (A), suara nafas (B) dan suara perut (C)

### 3.3 Analisis data hasil rekaman

Dalam penelitian ini, analisis data dari rekaman yang telah dilakukan akan diproses dengan menggunakan *software* Matlab 2015a. *Software* tersebut berfungsi untuk membangkitkan plot dari data yang telah direkam sebelumnya. Kemudian dari plot tersebut akan dilakukan beberapa analisis berdasarkan kawasan waktu dan kawasan frekuensi.

#### 3.3.1 Analisis di Kawasan waktu

Analisis di kawasan waktu dilakukan dengan mengamati bentuk sinyal meliputi *amplitude* maupun menghitung *SNR* (*Signal to Noise Ratio*). Nilai *SNR* dihitung dengan menggunakan persamaan (3.1)

$$SNR = 10\log\left(\frac{P_s}{P_n}\right) \quad (3.1)$$

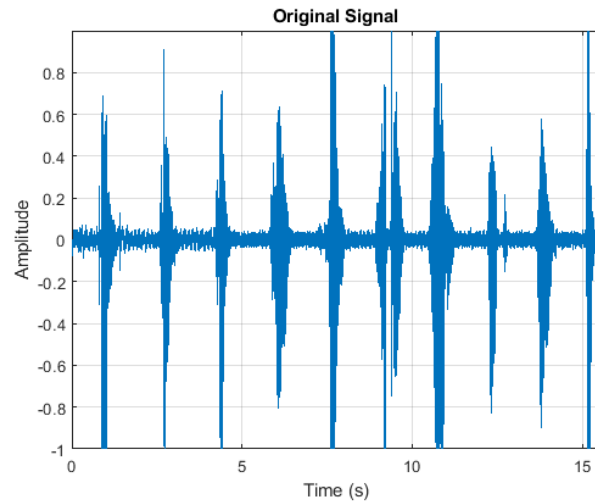
Keterangan :

*SNR* = *Signal to Noise Ratio* (dB)

*P<sub>s</sub>* = Nilai sinyal informasi

*P<sub>n</sub>* = Nilai sinyal *noise*

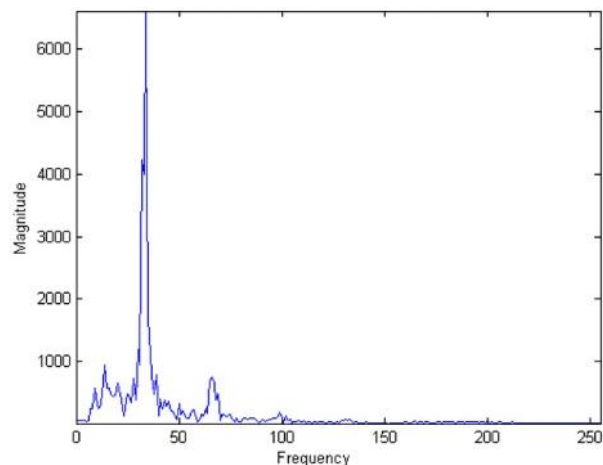
Persamaan (3.1) digunakan untuk mengetahui tingkat *noise* suara yang direkam pada masing-masing perangkat alat perekaman, untuk perhitungannya dilakukan oleh Matlab 2015a. Kemudian untuk mengamati *amplitude* sinyal yang sudah direkam, digunakan fungsi plot pada Matlab 2015a. Program Matlab 2015a dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan bentuk plot *amplitude* sinyal yang akan diamati dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Contoh tanggapan *amplitude* kawasan waktu [8]

### 3.3.2 Analisis di Kawasan Frekuensi

Untuk analisis di Kawasan frekuensi, data rekaman diproses menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT). Perhitungan FFT dilakukan menggunakan *software* Matlab 2015a. Program Matlab 2015a dapat dilihat pada **Lampiran 3** dan bentuk plot FFT yang akan diamati dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Contoh tanggapan *magnitude* kawasan frekuensi [9]

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Desain struktur *front-end* stetoskop

Pada bagian ini merupakan hasil desain Prototipe *Chest piece 3D printer* yang telah dicetak dapat dilihat pada Gambar 4.1. Hasil cetakan memiliki ukuran tinggi 2,8 cm dan diameter penampang 4,6 cm, Ukuran tersebut didapatkan berdasarkan referensi dari stetoskop elektronik *One Thinklabs*, namun untuk komponen dalam hanya berupa Modul Mikrofon ADMP401.



Gambar 4.1 Hasil cetak *Chest piece 3D printer*

Desain *Chest piece* diharapkan memiliki fungsi untuk meredam suara dari luar secara efisien. Kemudian bentuk “*phone*” pada *Chest piece 3D printer* memiliki fungsi untuk menangkap suara yang ditujukan dan kemudian diteruskan ke sensor suara (Modul Mikrofon ADMP401 dan Mikrofon Lavalier BY-M1).

#### 4.1.1 Modul Mikrofon ADMP401

Pada bagian ini modul mikrofon ADMP401 akan digabungkan dengan *chest piece 3D printer* yang telah dibuat. Kemudian untuk dimensi tempat catu daya 3,3 VDC sebesar 6 cm x 5 cm dan untuk dimensi sensor suaranya tidak memakan banyak tempat di dalam *casing chest piece*. Berikut hasil penggabungan antara *casing Chest piece 3D printer* dengan modul mikrofon ADMP401.



Gambar 4.2 Mikrofon ADMP401, catu daya 3,3 VDC dan *Chest piece* 3D printing

#### 4.1.2 Mikrofon Lavalier BY-M1 dalam *Casing Chest piece* 3D printer

Selanjutnya pada bagian ini merupakan mikrofon Lavalier BY-M1 digabungkan dengan *casing Chest piece* 3D printer yang telah dibuat. Kemudian untuk dimensi sensor suaranya tidak memakan banyak tempat didalam *casing chest piece* seperti modul mikrofon ADMP401. Koneksi mikrofon ke *smartphone* dapat terhubung langsung melalui *aux jack audio* 3,5mm yang sudah tersedia pada mikrofon. Pada Gambar 4.3 merupakan hasil penggabungan antara *casing Chest piece* 3D printer dengan mikrofon Lavalier BY-M1.



Gambar 4.3 Mikrofon Lavalier BY-M1 dan *Chest piece* 3D printing

## 4.2 Hasil Data Rekaman suara

Pada bagian ini ditampilkan hasil tanggapan dari prototipe *front end Chest piece 3D printer*. Perekaman dilakukan dengan dua aplikasi, yaitu Your Heart Beat dan Littmann StethAssist. Aplikasi Your Heart Beat digunakan untuk perekaman dari modul mikrofon ADMP401 dan Mikrofon Lavalier BY-M1. Aplikasi tersebut digunakan dalam proses perekaman data dengan *sampling rate* 44100 Hz. Selanjutnya untuk Littmann StethAssist merupakan aplikasi bawaan dari stetoskop elektronik Littmann 3200, untuk proses perekamannya aplikasi ini mempunyai *sampling rate* 4000 Hz. Pengujian subjek diambil sebanyak 3 orang dengan cara menempelkan prototipe *Chest piece 3D printer*, kemudian titik menempelkan prototipe tertera pada Gambar 3.5. Lokasi pengambilan data berada di ruangan yang kedap suara. Kemudian pada perekaman suara dilakukan selama 60 detik. Berikut data subjek yang akan diambil.

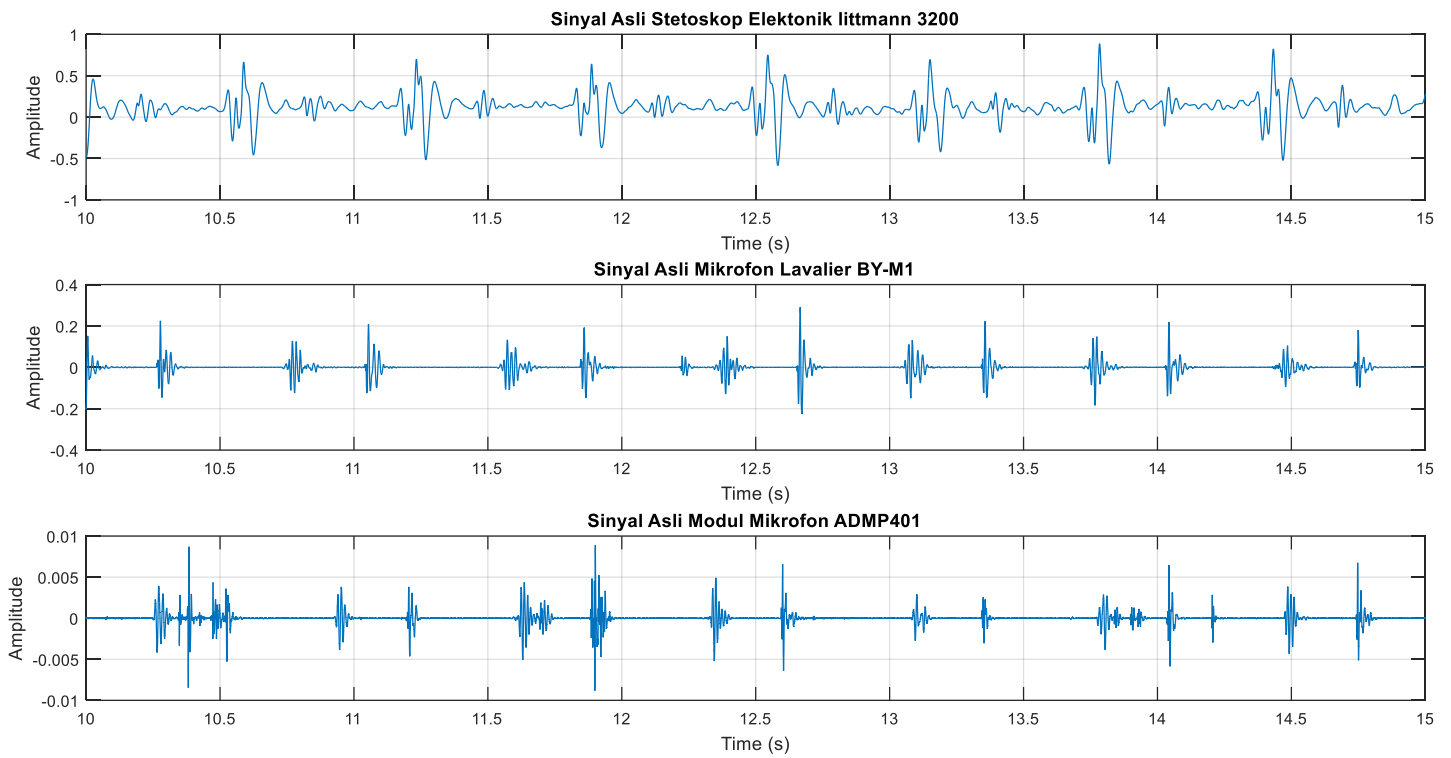
Tabel 4.1 Data subjek pengambilan data

<b>Nama Subjek</b>	<b>Kelamin</b>	<b>Umur</b>	<b>Tinggi</b>	<b>Berat badan</b>
Subjek 1	Pria	21	168	52
Subjek 2	Pria	23	170	51
Subjek 3	Pria	22	177	76

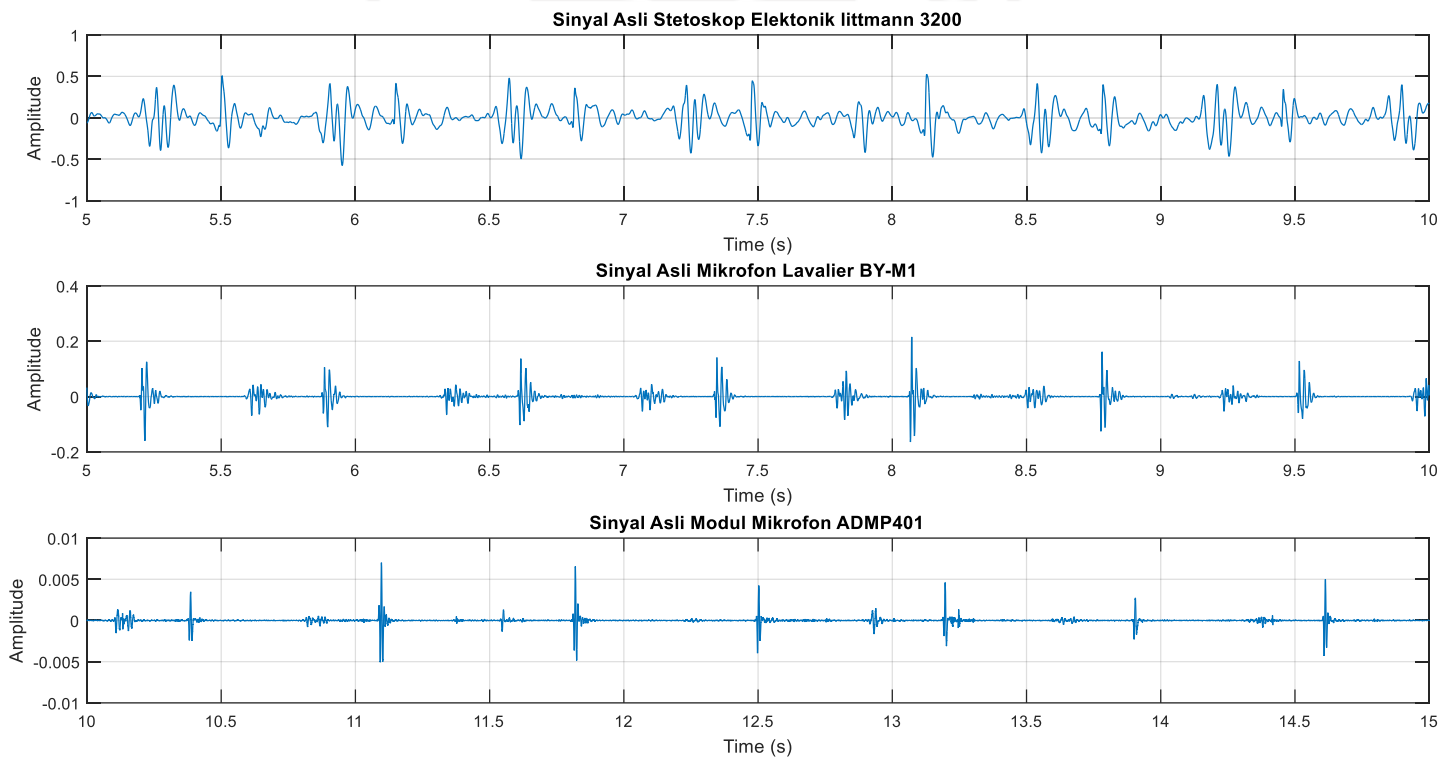
Pada Tabel 4.1 merupakan data subjek pengambilan data. Pengujian dilakukan untuk membuktikan apakah prototipe *Chest piece 3D printer* yang telah dibuat mampu merekam suara jantung dengan baik atau tidak. Setelah dilakukan perekaman data pada masing-masing subjek, Langkah berikutnya ialah pengolahan data dengan menggunakan *software* Matlab 2015a untuk menampilkan tanggapan dari suara perekaman.

### 4.2.1 Hasil Perekaman pada Kawasan Waktu

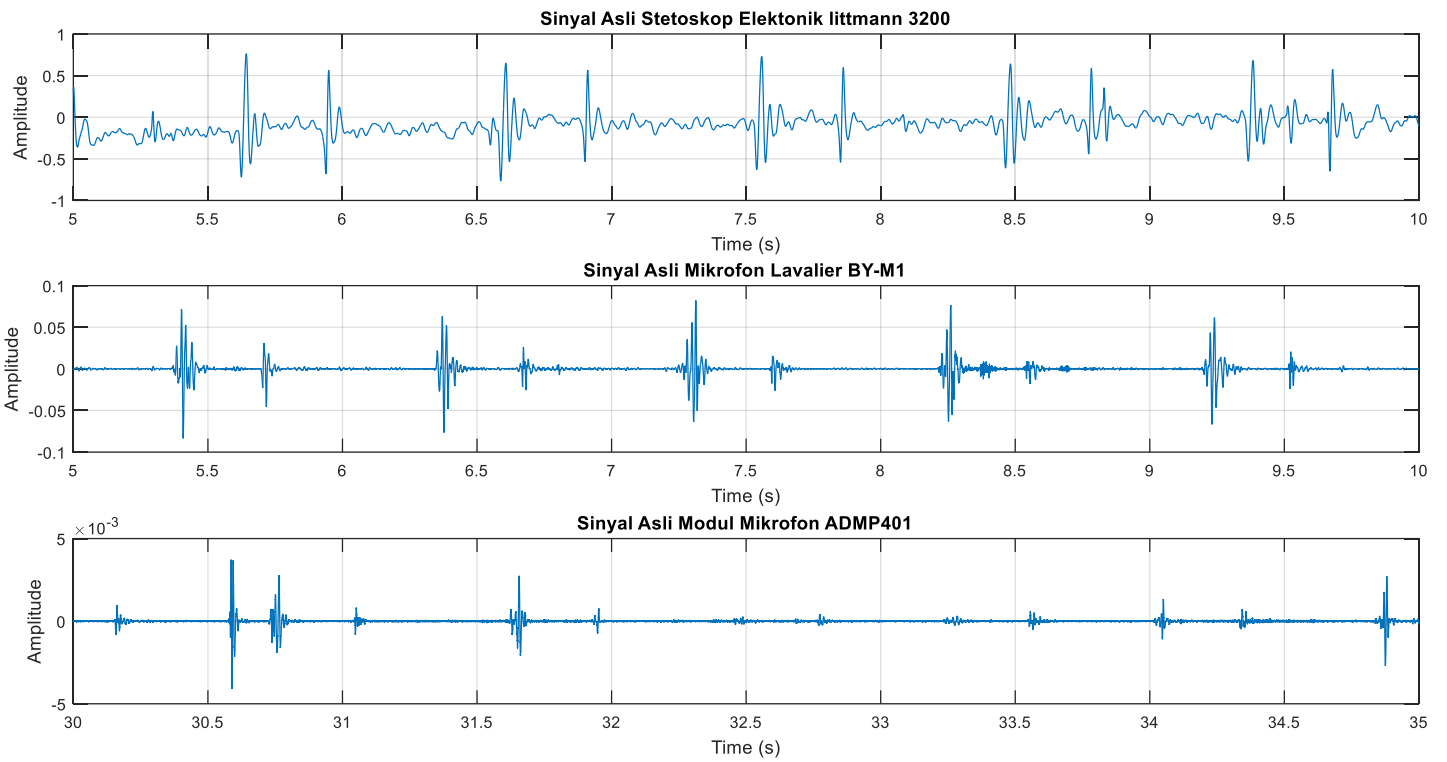
Pada bagian ini merupakan data subjek pada kawasan waktu. Tanggapan pada Gambar 4.4 hingga Gambar 4.12 hanya mencuplik waktu 5 detik yang bertujuan untuk mengamati pola suara dengan jelas. Berikut hasil grafik pada setiap suara dan subjek.



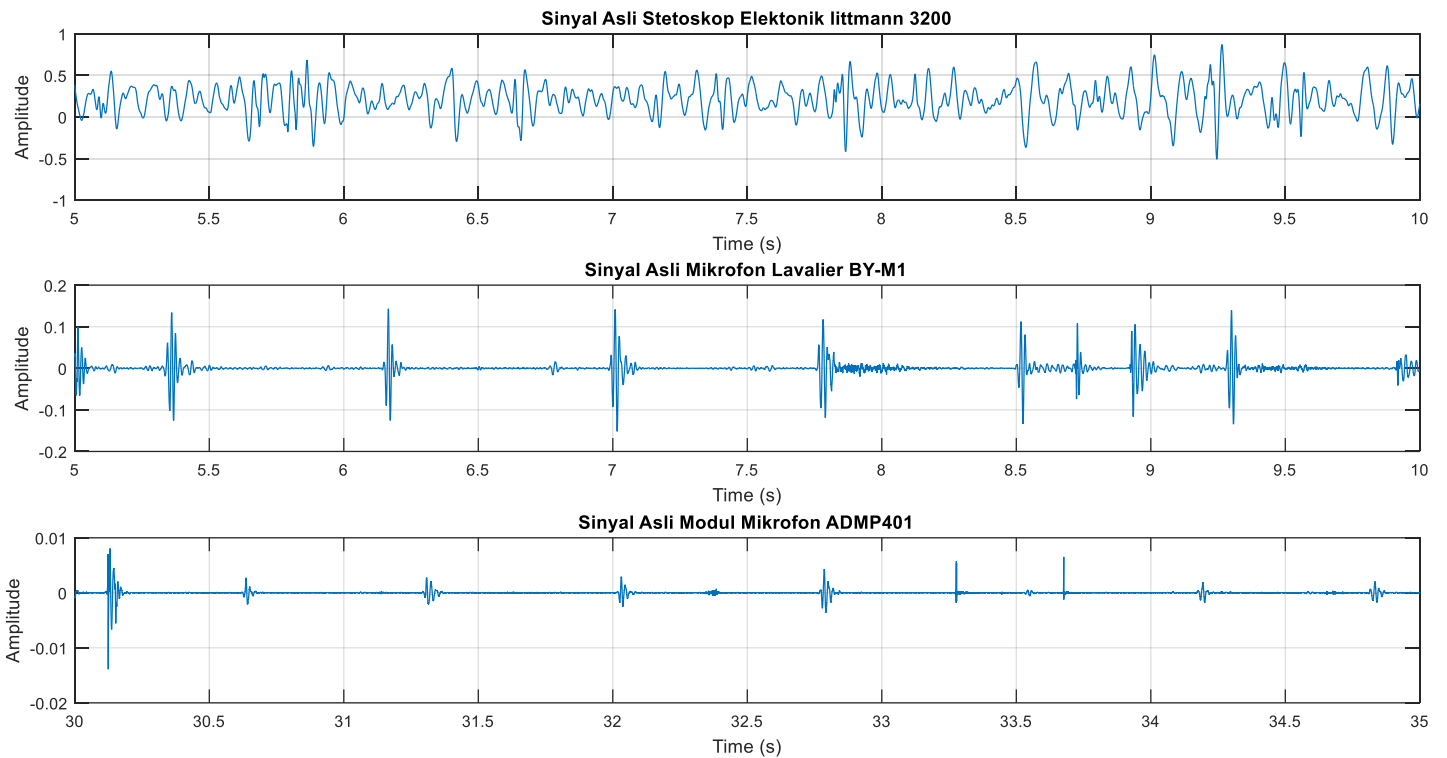
Gambar 4.4 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 1



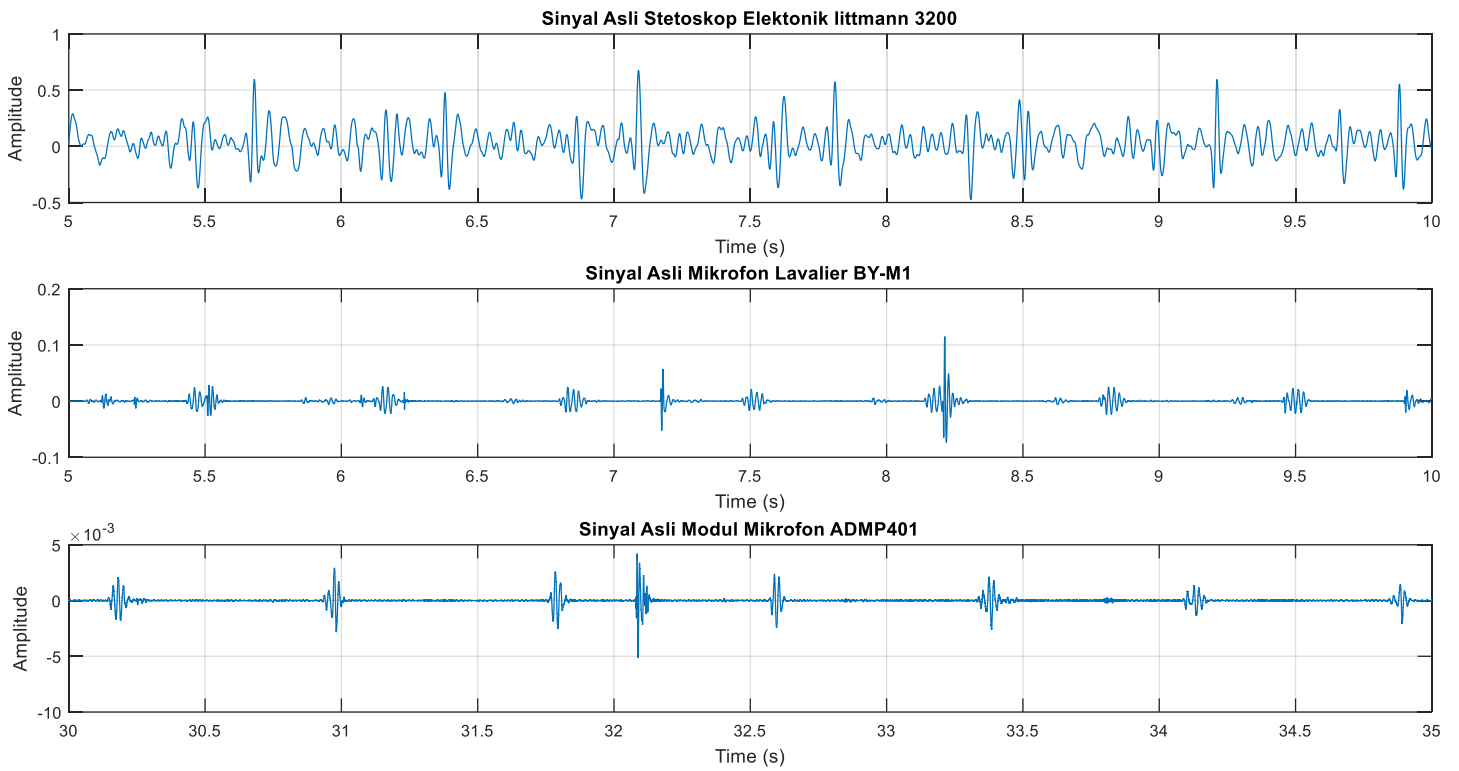
Gambar 4.5 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 2



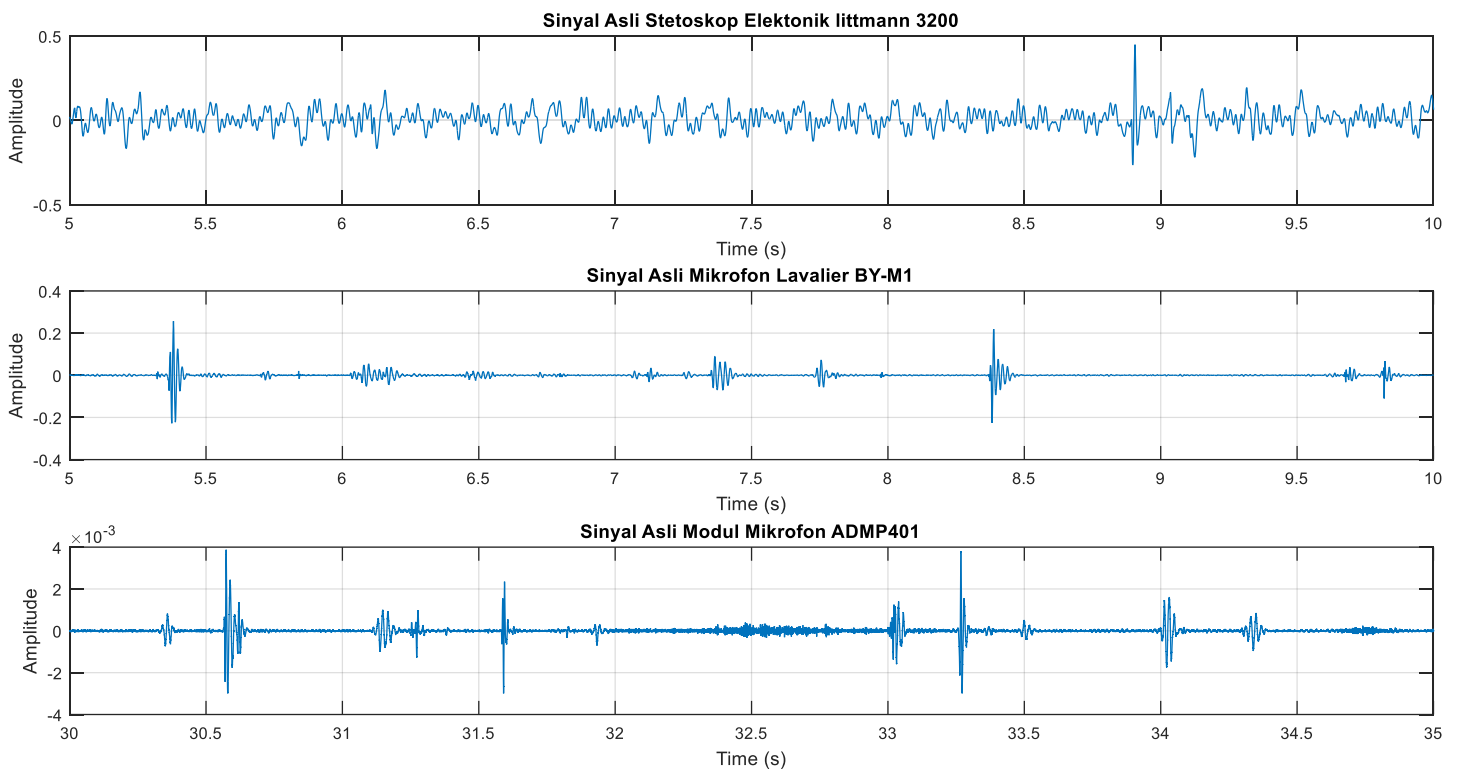
Gambar 4.6 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan waktu pada subjek 3



Gambar 4.7 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 1

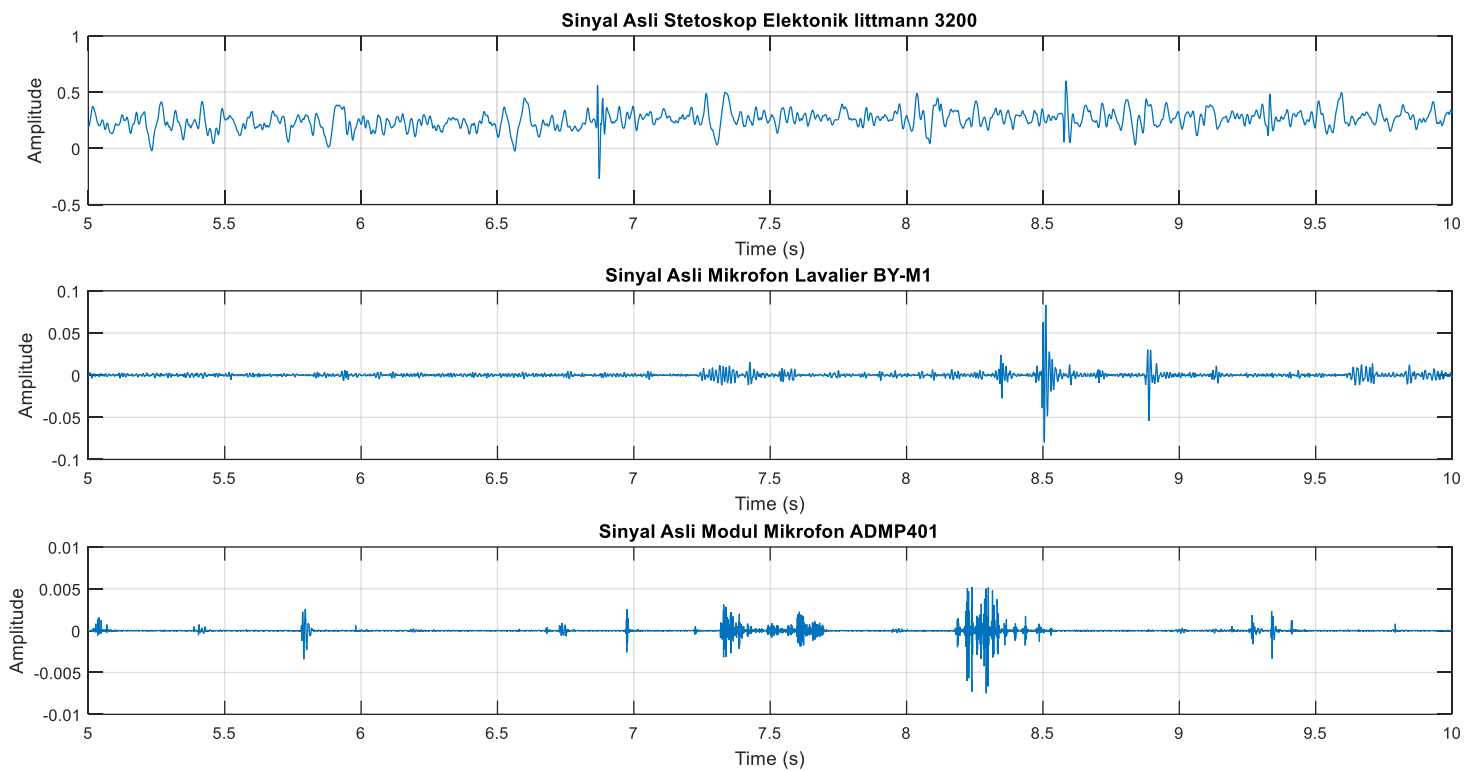


Gambar 4.8 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 2

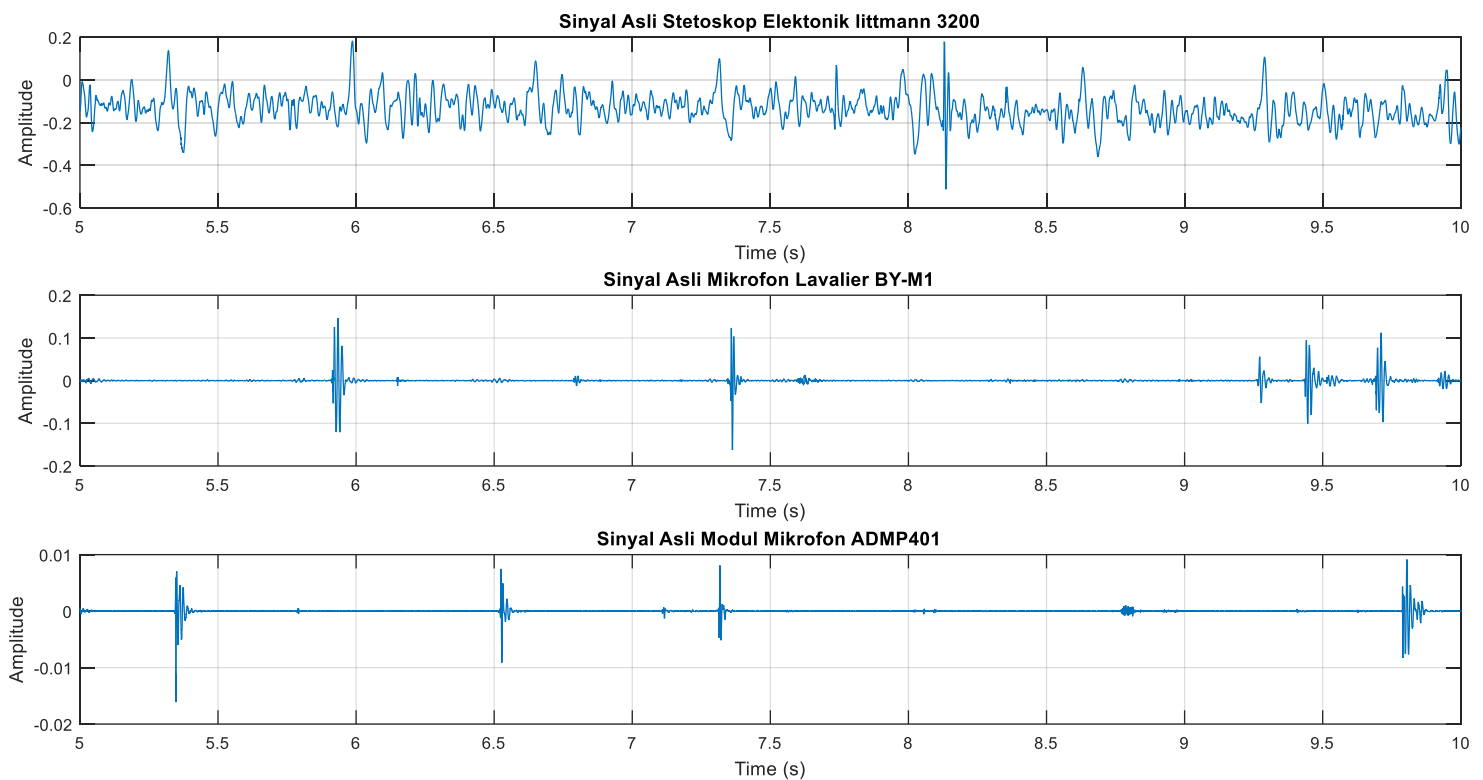


Gambar 4.9 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan waktu pada subjek 3

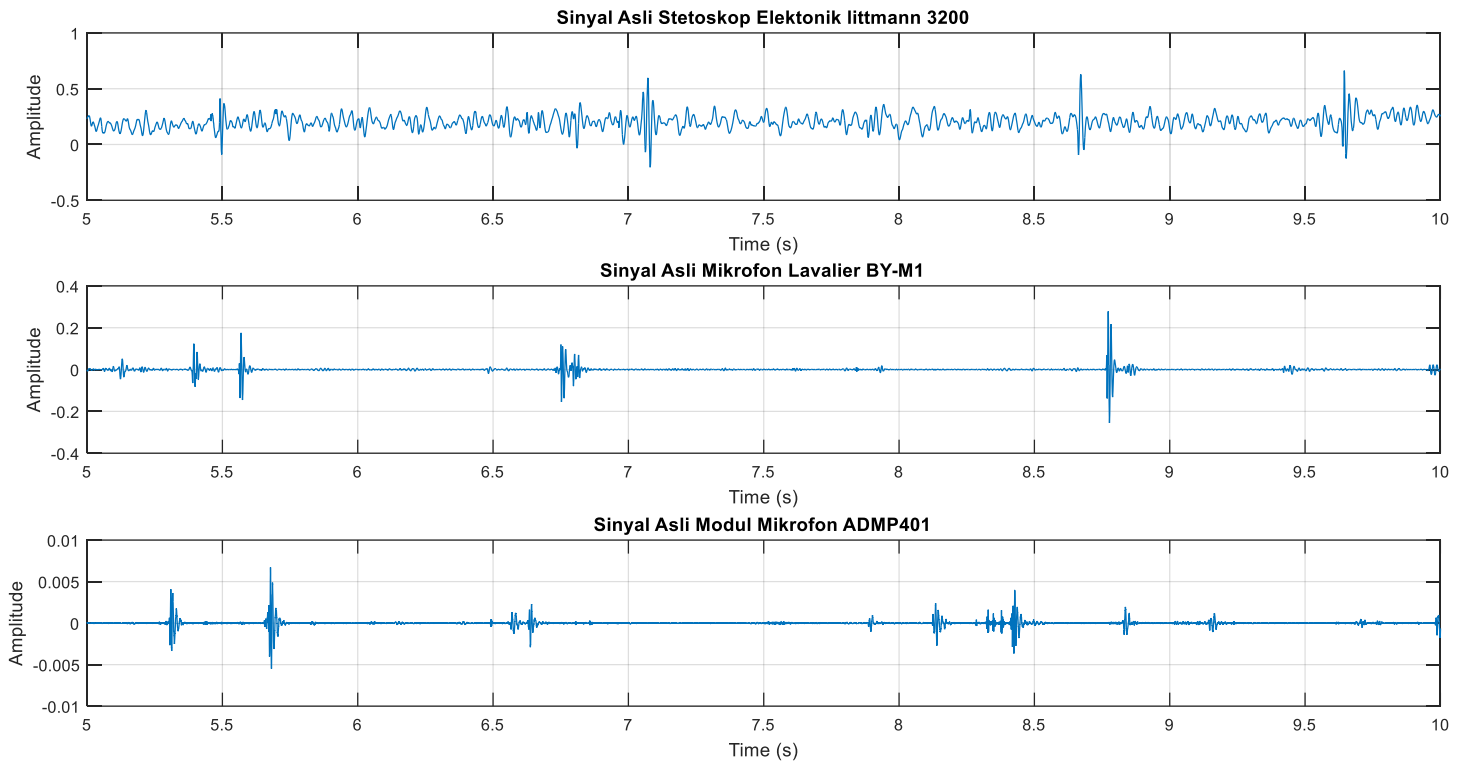




Gambar 4.10 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 1



Gambar 4.11 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 2



Gambar 4.12 Tanggapan perekaman suara perut kawasan waktu pada subjek 3

Dari Gambar 4.4 hingga Gambar 4.6 merupakan hasil perekaman suara jantung setiap subjek. Kemudian dapat dilihat pada mikrofon Lavalier BY-M1 dan modul mikrofon ADMP401 didapatkan tanggapan suara yang baik dikarenakan *power magnitude* suara yang direkam dapat terlihat, namun dari kedua mikrofon memiliki perbedaan pada *amplitude*. Untuk modul mikrofon ADMP401 memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,005$ , sedangkan pada mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,01$ . Kemudian pada stetoskop elektronik Littmann 3200 memiliki puncak tertinggi *amplitude*  $\pm 0,05$ . Dari ketiga hasil perekaman suara jantung tersebut terlihat hasil perekaman mikrofon Lavalier BY-M1 dapat mendekati hasil perekaman stetoskop elektronik Littmann 3200, sedangkan pada modul mikrofon ADMP401 tidak mendekati hasil perekaman yang baik apabila dibandingkan dengan mikrofon Lavalier BY-M1 dan stetoskop elektronik Littmann 3200.

Selanjutnya data suara jantung masing-masing subjek dilakukan perhitungan dengan persamaan (3.1). Tujuan perhitungan ini untuk mengetahui perbedaan *noise* antara suara informasi dan suara noise. Perhitungan ini berfokus pada panjang Gelombang S1 dan Gelombang S2 yang muncul, lalu untuk *noise* yang dicuplik merupakan gelombang selain S1 dan S2, untuk panjang data *noise* yang dicuplik menyesuaikan panjang data Gelombang S1 dan Gelombang S2. Kemudian sampel tersebut akan dihitung dengan menggunakan *software* Matlab 2015a. berikut tabel hasil perhitungan *SNR* pada setiap subjek dan perangkat.

Tabel 4.2 Nilai *SNR* pada subjek 1

<b>Suara jantung Subjek 1</b>					
<b>No</b>	<b>Jenis Alat Perekaman</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S1</b>	<b>Gelombang S1 (dB)</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S2</b>	<b>Gelombang S2 (dB)</b>
1	Stetoskop Elektronik Littmann 3200	792	9,14	1016	9,8
2	Mikrofon Lavalier BY-M1	6000	40,56	5800	41,14
3	Modul Mikrofon ADMP401	3400	37,05	2700	35,72

Tabel 4.3 Nilai *SNR* pada subjek 2

<b>Suara jantung Subjek 2</b>					
<b>No</b>	<b>Jenis Alat Perekaman</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S1</b>	<b>Gelombang S1 (dB)</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S2</b>	<b>Gelombang S2 (dB)</b>
1	Stetoskop Elektronik Littmann 3200	720	7,94	700	10,33
2	Mikrofon Lavalier BY-M1	7000	39,08	6000	46,38
3	Modul Mikrofon ADMP401	2700	20,92	4200	32,35

Tabel 4.4 Nilai *SNR* pada subjek 3

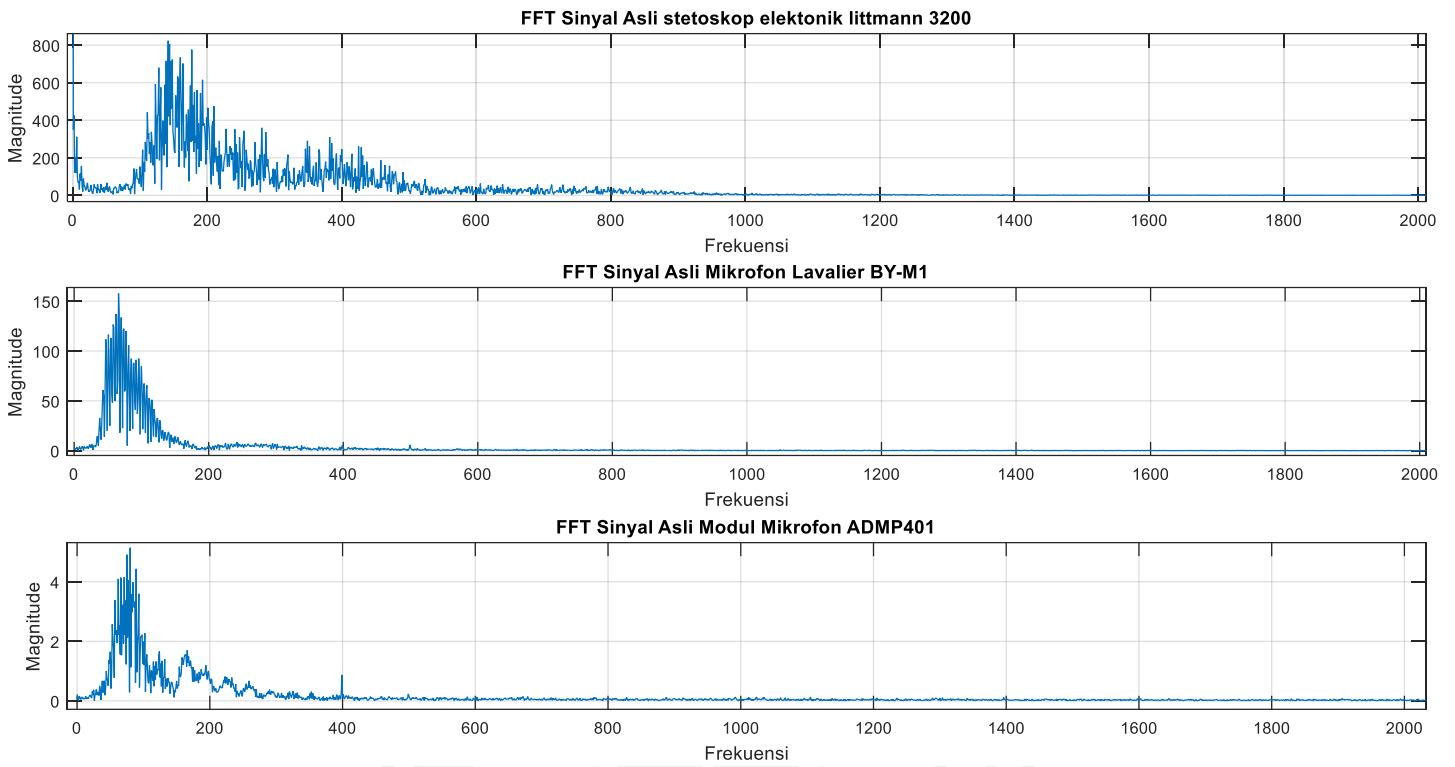
<b>Suara jantung Subjek 3</b>					
<b>No</b>	<b>Jenis Alat Perekaman</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S1</b>	<b>Gelombang S1 (dB)</b>	<b>Jumlah data sampel Gelombang S2</b>	<b>Gelombang S2 (dB)</b>
1	Stetoskop Elektronik Littmann 3200	680	4,46	510	5,06
2	Mikrofon Lavalier BY-M1	3200	33,31	3800	19,92
3	Modul Mikrofon ADMP401	3000	32,53	3000	19,96

Dari hasil Tabel 4.2. stetoskop elektronik Littmann 3200 memiliki rata-rata *SNR* sebesar 7,18 dB dan 8,39 dB. Kemudian pada Tabel 4.3, yaitu mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki rata-rata *SNR* sebesar 37,65 dB dan 35,81 dB. Lalu pada Tabel 4.4, yaitu modul mikrofon ADMP401 memiliki rata-rata *SNR* sebesar 30,16 dB dan 29,34 dB. Berdasarkan rata-rata *SNR* yang didapatkan, perangkat mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki tingkat *noise* yang lebih tinggi daripada perangkat yang lain dan pada perangkat stetoskop elektronik Littmann 3200 memiliki tingkat *noise* yang rendah.

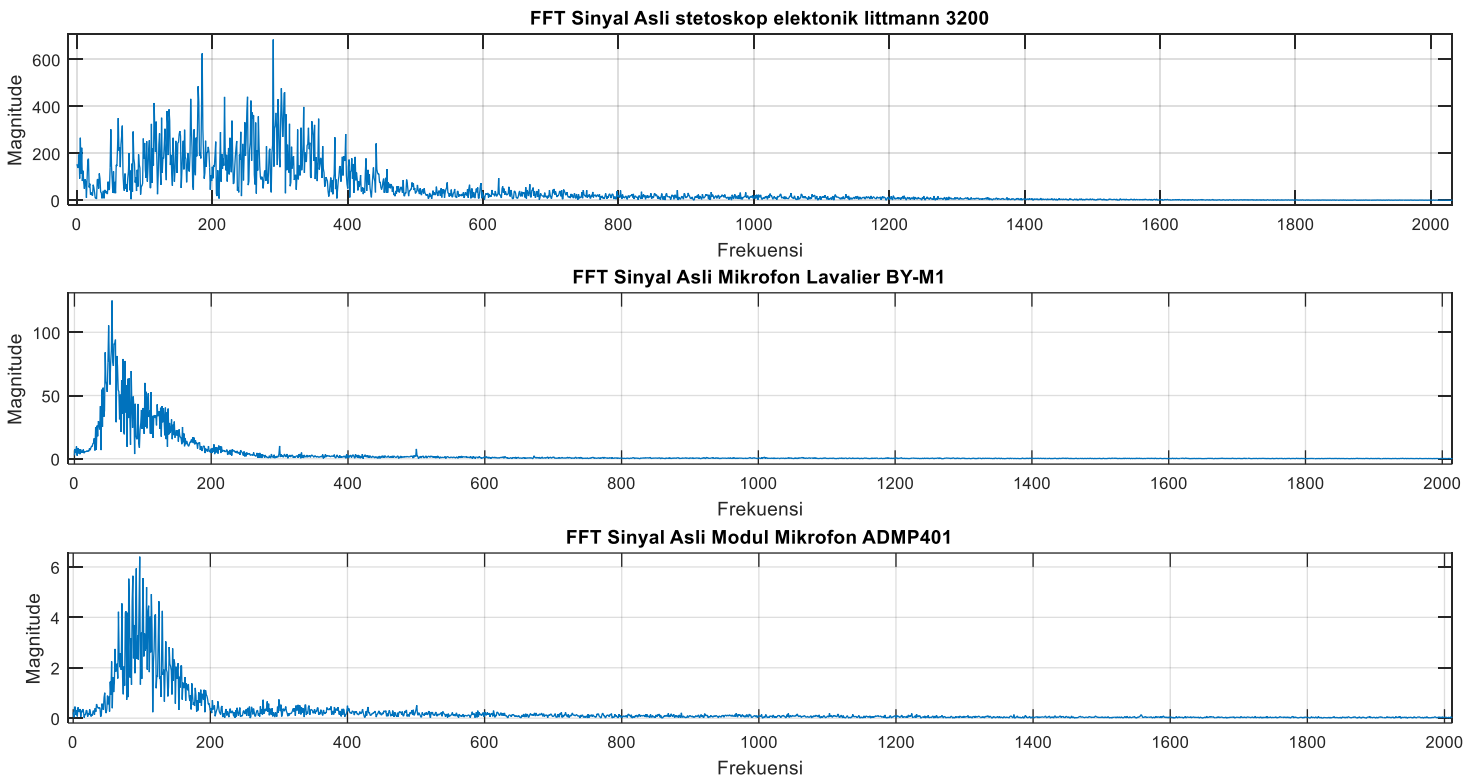
Kemudian untuk Gambar 4.7 hingga Gambar 4.12 merupakan hasil perekaman suara nafas dan suara perut. Pada hasil perekaman mikrofon Lavalier dapat menangkap tanggapan suara tersebut dengan baik, namun untuk modul mikrofon ADMP401 memiliki tanggapan yang kurang baik dikarenakan memiliki *power magnitude* yang sangat kecil dan terdapat suara *noise* seperti suara sinyal statis yang tercampur dengan suara nafas dan suara perut pada saat perekaman. Kemudian untuk perekaman suara nafas, dari kedua sensor suara atau mikrofon yang digunakan dalam perekaman terlihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 tertangkap tanggapan detak nadi. Hasil ini terjadi kemungkinan titik peletakan perekaman data sangat dekat dengan saluran nafas yang direkam.

#### **4.2.2 Hasil Perekaman pada Kawasan Frekuensi**

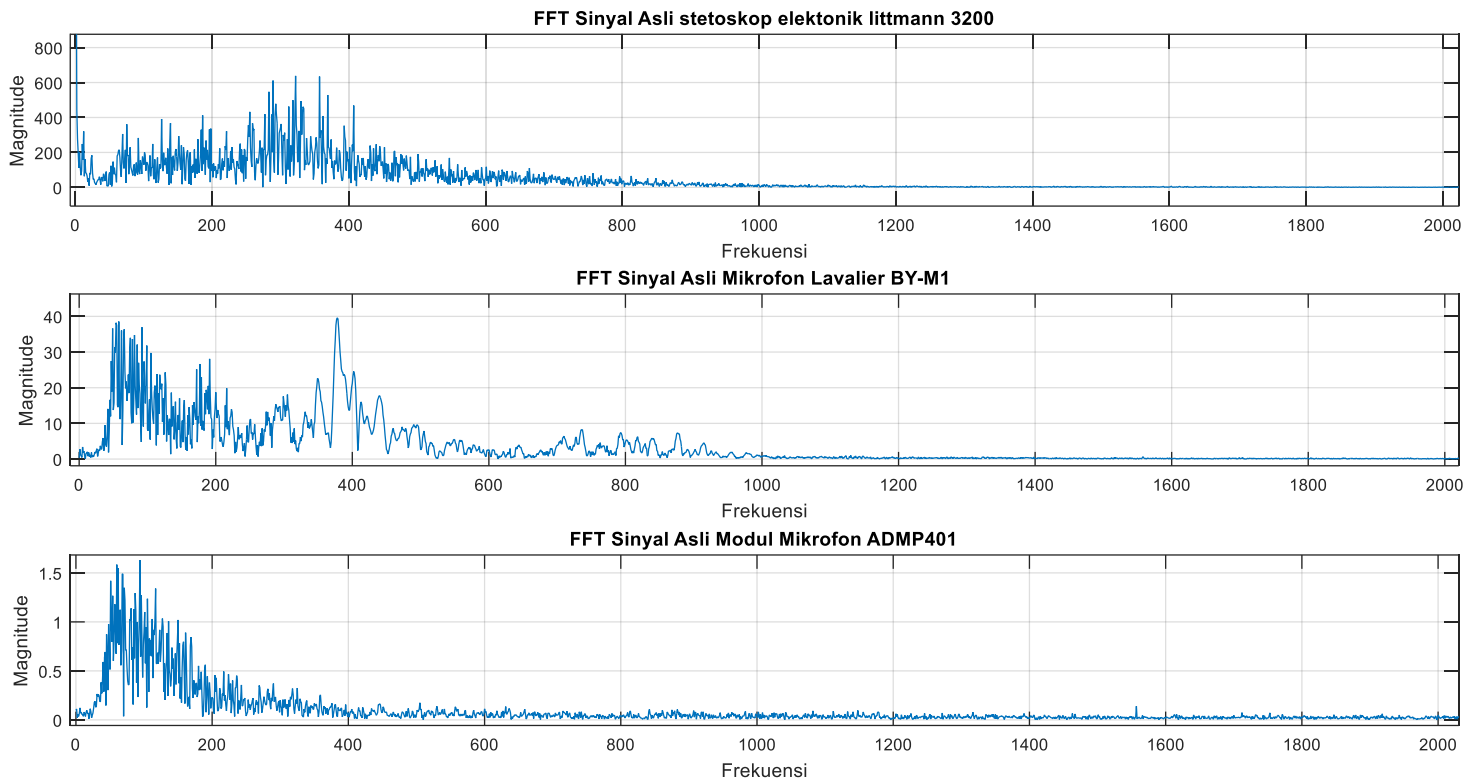
Setelah mengamati hasil perekaman pada kawasan waktu, selanjutnya ialah mengamati hasil perekaman suara pada kawasan frekuensi. Untuk gambar tanggapan kawasan frekuensi dapat dilihat sebagai berikut.



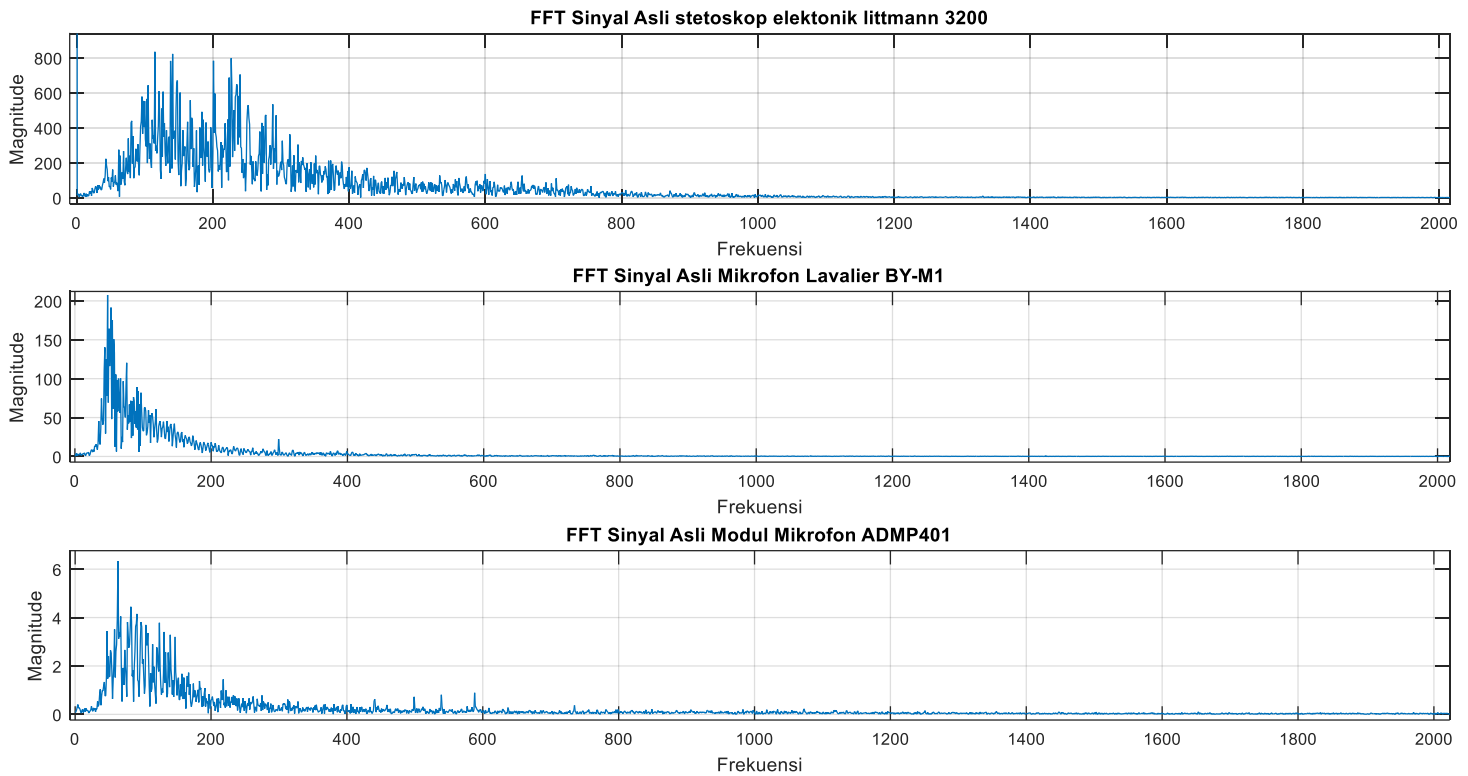
Gambar 4.13 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 1



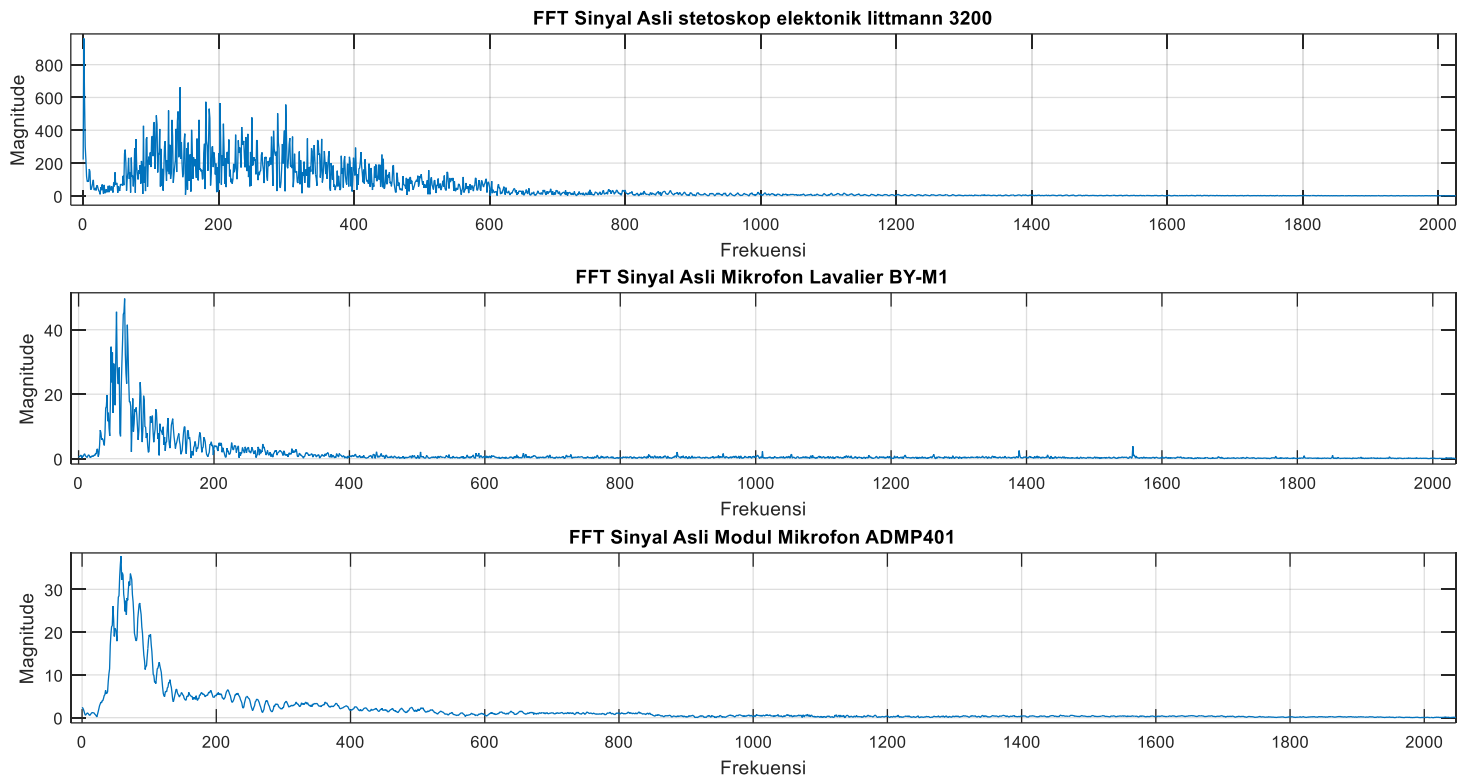
Gambar 4.14 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 2



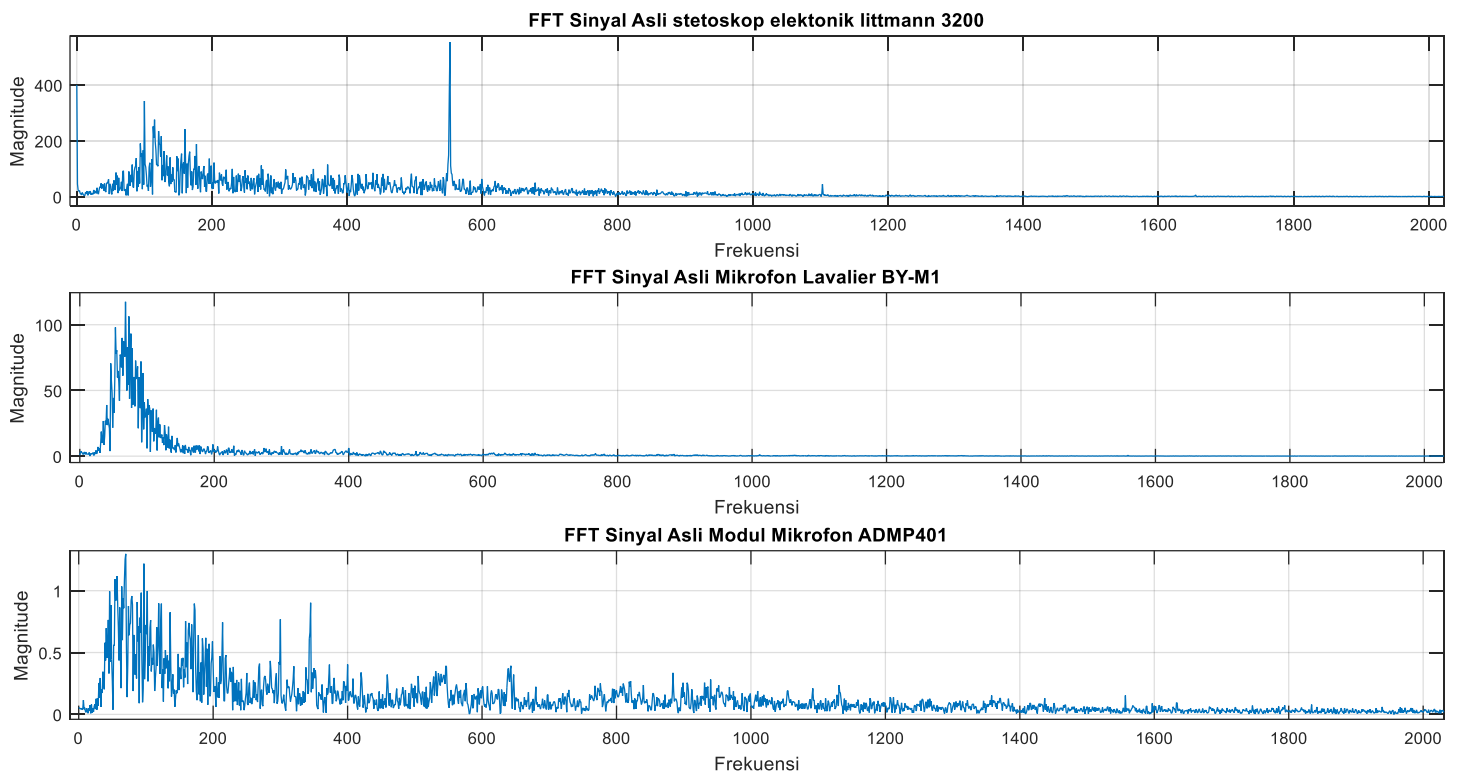
Gambar 4.15 Tanggapan perekaman suara jantung kawasan frekuensi pada subjek 3



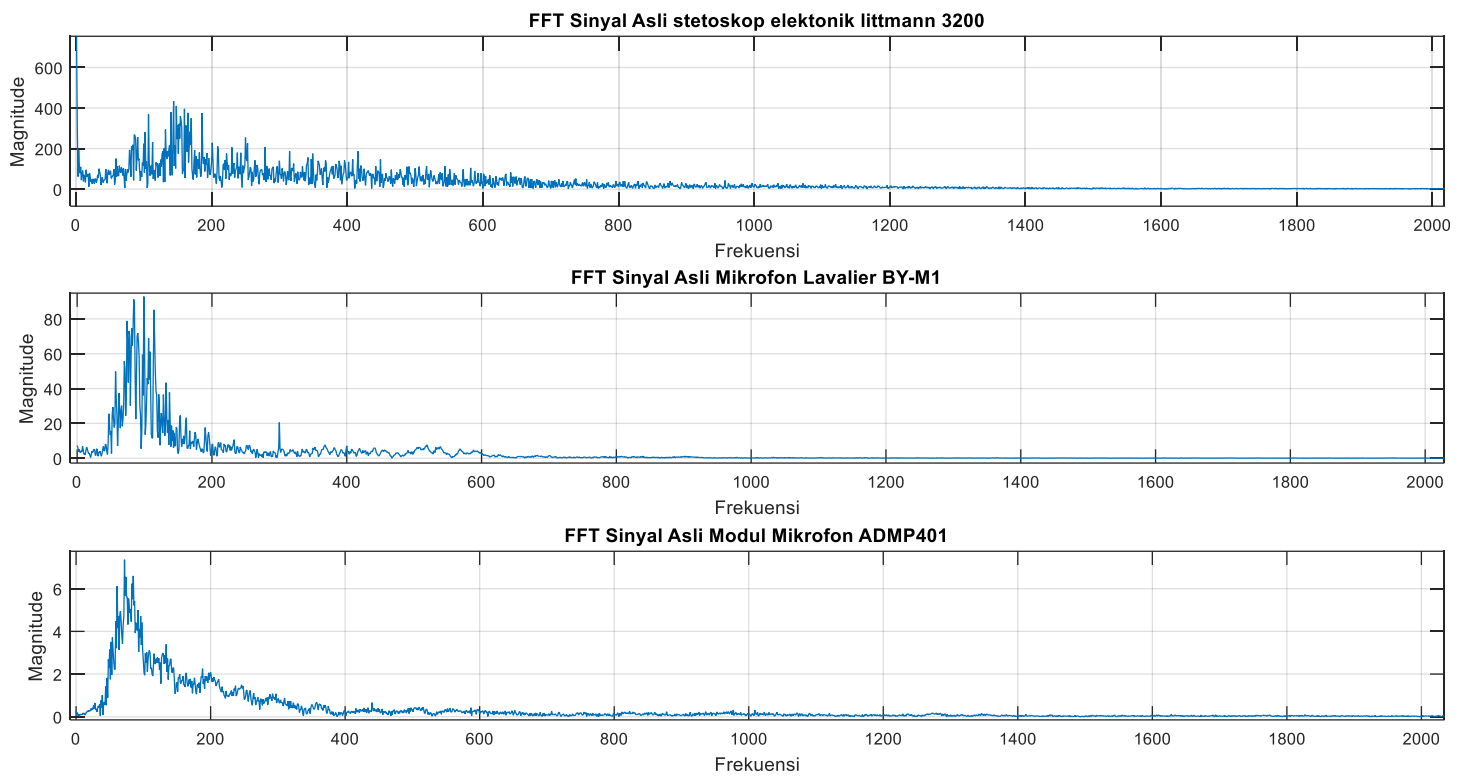
Gambar 4.16 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 1



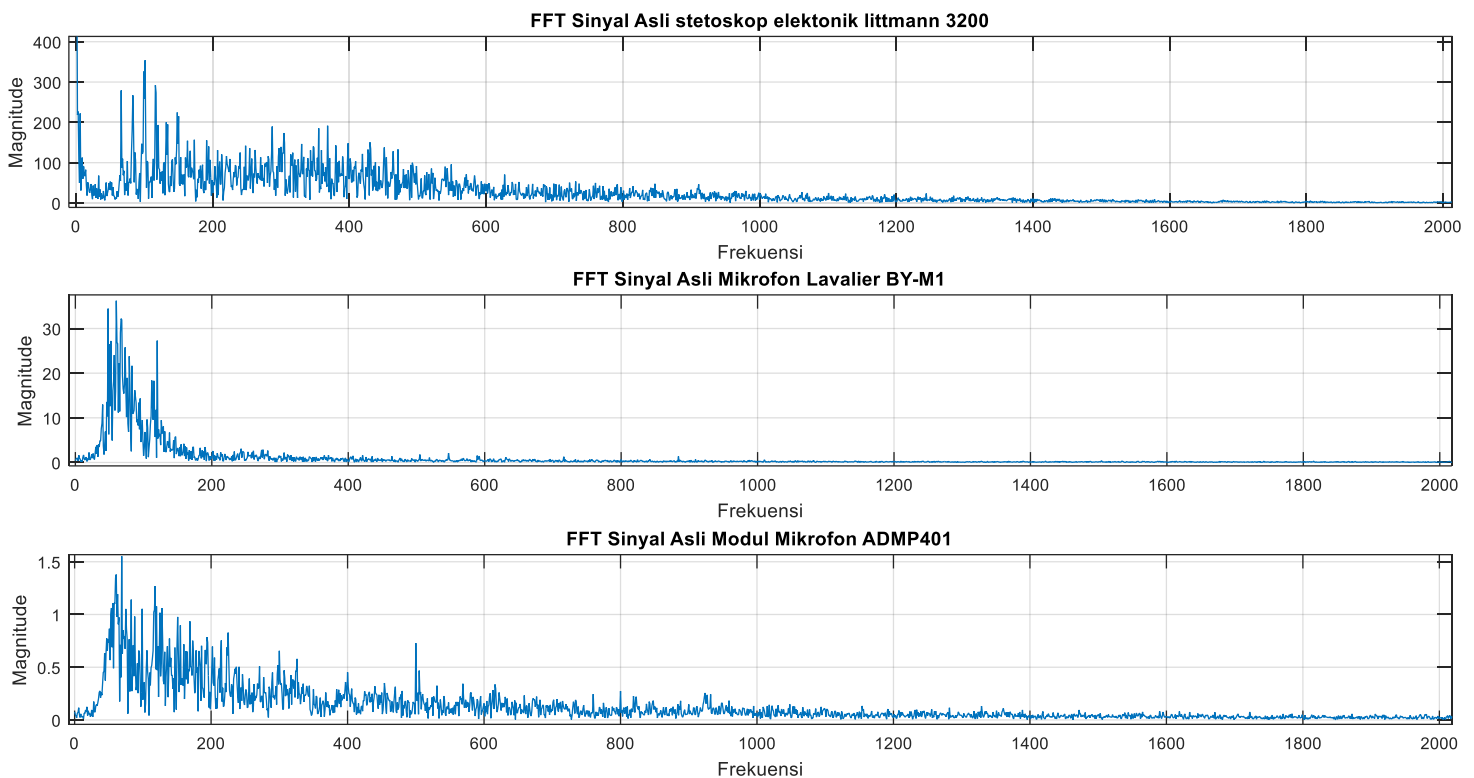
Gambar 4.17 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 2



Gambar 4.18 Tanggapan perekaman suara nafas kawasan frekuensi pada subjek 3

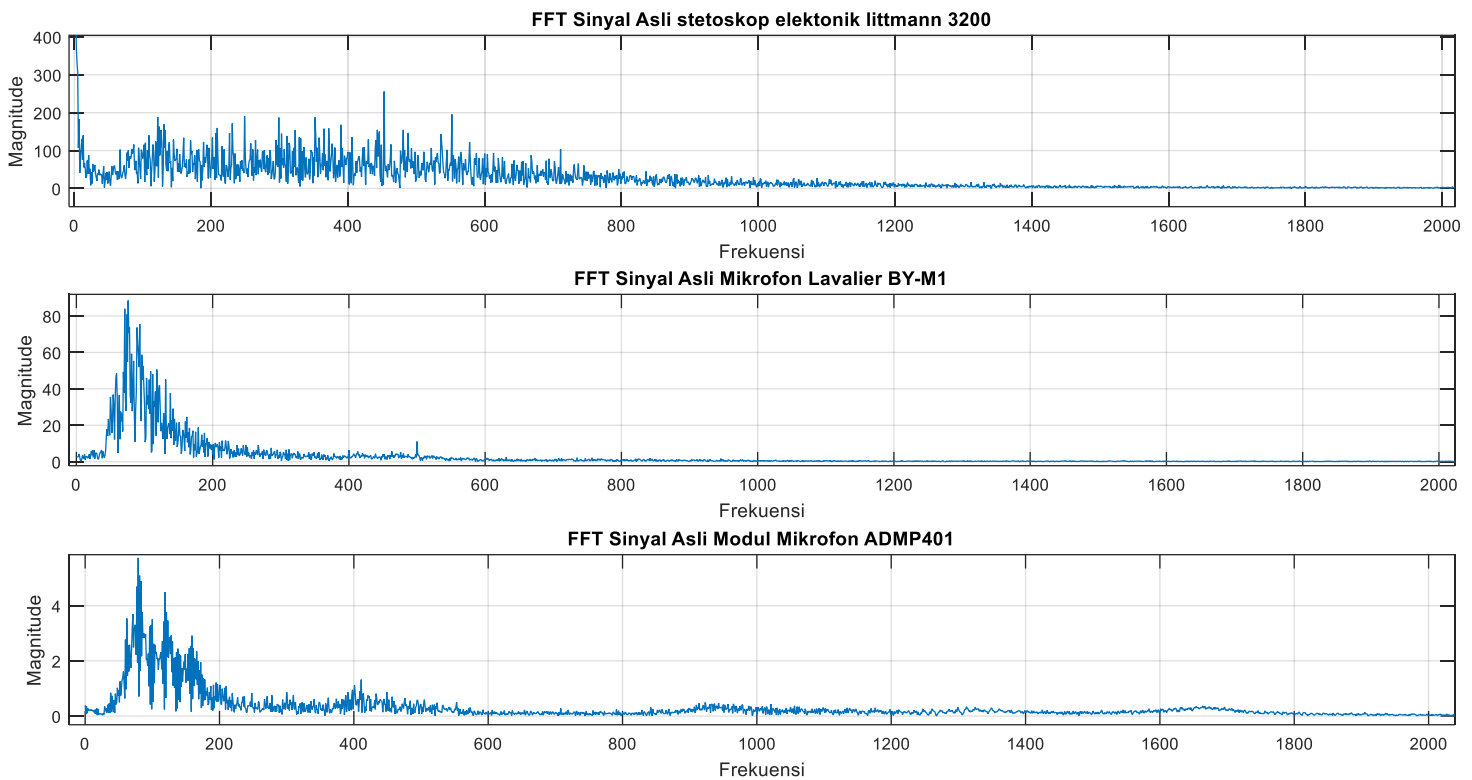


Gambar 4.19 Tanggapan perekaman suara perut kawasan frekuensi pada subjek 1



Gambar 4.20 Tanggapan perekaman suara perut kawasan frekuensi pada subjek 2





Gambar 4.21 Tanggapan perekaman suara perut kawasan frekuensi pada subjek 3

Dari hasil tanggapan Gambar 4.13 hingga Gambar 4.15 untuk suara jantung pada semua subjek memiliki frekuensi dominan dibawah 600 Hz. Terutama pada mikrofon Lavalier BY-M1 dan modul mikrofon ADMP401. Pada subjek 1 dan subjek 2 memiliki frekuensi dominan  $\pm 400$  Hz, namun pada subjek 3 pada perekaman mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki frekuensi dominan lebih dari 400 Hz. Kemungkinan frekuensi tersebut muncul dikarenakan suara dari luar tubuh. Kemudian pada *magnitude* yang dihasilkan stetoskop elektronik Littmann 3200 dapat mencapai rata-rata diatas 600-800, sedangkan pada mikrofon Lavalier BY-M1 memiliki rata-rata *magnitude* sebesar 50-140. Untuk modul mikrofon ADMP401 hanya memiliki rata-rata *magnitude* sebesar 1-6. Dari masing-masing *magnitude* yang ditampilkan memiliki perbedaan yang cukup signifikan, terutama pada modul mikrofon ADMP401.

Kemudian pada Gambar 4.16 hingga Gambar 4.21 merupakan hasil tanggapan perekaman suara nafas dan suara perut. Mikrofon Lavalier BY-M1 dan modul mikrofon ADMP401 menerima frekuensi kurang dari 600 Hz, sedangkan pada stetoskop elektronik Littmann 3200 menerima frekuensi dibawah 1200 Hz. Kemudian untuk suara nafas dan perut, *magnitude* frekuensi yang dihasilkan pada stetoskop elektronik memiliki kelipatan 100, sedangkan pada mikrofon Lavalier BY-M1 sebesar kelipatan 10 dan pada modul mikrofon ADMP401 hanya sebesar kelipatan 1.

#### 4.2.3 Kelebihan dan Kekurangan pada Prototipe *front end* Stetoskop

Hasil perbandingan antara stetoskop elektronik Littmann 3200, Modul Mikrofon ADMP401, dan Mikrofon Lavalier BY-M1, ketiganya memiliki kualitas suara tanggapan yang berbeda jauh dikarenakan dari segi rangkaian elektronik. Stetoskop elektronik Littmann 3200 memiliki fitur pengaturan filter suara yang ingin direkam, sedangkan untuk Modul Mikrofon ADMP401 dan Mikrofon Lavalier BY-M1 tidak memilikinya. Kemudian hal tersebut yang membuat harga stetoskop elektronik Littmann 3200 lebih mahal daripada Modul Mikrofon ADMP401 dan Mikrofon Lavalier BY-M1. Untuk daftar harga dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Kemudian pengujian prototipe *front end* stetoskop digital yang dilakukan mempunyai kelebihan dan kekurangan sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan kelebihan dan kekurangan dari Mikrofon Lavalier BY-M1 dan Modul Mikrofon ADMP41

No	Jenis Mikrofon	Kelebihan	Kekurangan
1	Stetoskop elektronik Littmann 3200	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat mendengarkan suara yang direkam secara <i>real-time</i>,</li> <li>2. Memiliki fitur filter suara yang baik.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harus menggunakan aplikasi khusus,</li> <li>2. Perekaman suara tidak dapat melebihi 1 menit,</li> <li>3. Tidak dapat merekam data dengan menggunakan <i>smartphone</i>,</li> <li>4. Harga yang relatif mahal.</li> </ol>
2	Mikrofon Lavalier BY-M1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat terhubung langsung pada <i>Smartphone</i>,</li> <li>2. Mempunyai kabel penghubung yang panjang,</li> <li>3. Dapat merekam suara dengan durasi lebih dari 1 menit,</li> <li>4. Harga relatif terjangkau.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Power</i> suara yang diterima untuk merekam suara tubuh cukup rendah,</li> <li>2. Tidak dapat mendengarkan suara yang direkam secara <i>real-time</i>.</li> </ol>
3	Modul mikrofon ADMP401	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ukuran yang kecil,</li> <li>2. Dapat merekam suara dengan durasi lebih dari 1 menit,</li> <li>3. Harga relatif terjangkau.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Perlu merancang rangkaian penghubung antara mikrofon dengan <i>smartphone</i>,</li> <li>2. Tidak dapat mendengarkan suara yang direkam secara <i>real-time</i>,</li> <li>3. <i>Power</i> tanggapan suara yang didapatkan sangat rendah.</li> </ol>

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Pada hasil cetakan 3D *printer* untuk *Chest piece* stetoskop sangatlah berpengaruh, karena betuk *Chest piece* mempengaruhi daya tangkap suara yang direkam, juga jika *Chest piece* tidak memiliki tingkat kepadatan yang tepat dapat mengalami kebocoran suara,
2. Pada sensor suara yang terdapat di mikrofon Lavalier BY-M1 lebih baik dalam penerimaan tanggapan suara daripada mikrofon ADMP401.
3. Prototipe *front end Chest piece 3D printer* lebih praktis dalam melakukan perekaman data daripada stetoskop elektronik Littmann 3200, karena untuk *front end Chest piece 3D printer* dapat terhubung langsung pada *smartphone*. Tidak seperti stetoskop elektronik Littmann 3200 yang harus dihubungkan ke komputer terlebih dahulu.

#### 5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan memiliki beberapa saran, dari saran tersebut diharapkan dapat memberi gambaran untuk penelitian kedepannya. Berikut saran yang diberikan :

1. Untuk *front end Chest piece 3D printer* stetoskop dapat menggunakan bahan filament yang berbeda.
2. Bagian elektronik yaitu sensor suara dapat ditambahkan filter untuk menangkap suara tubuh yang lebih terspesifikasi dan dapat menambahkan fitur yang dapat mendengarkan suara tubuh secara *real-time*.

## DAFTAR PUSTAKA

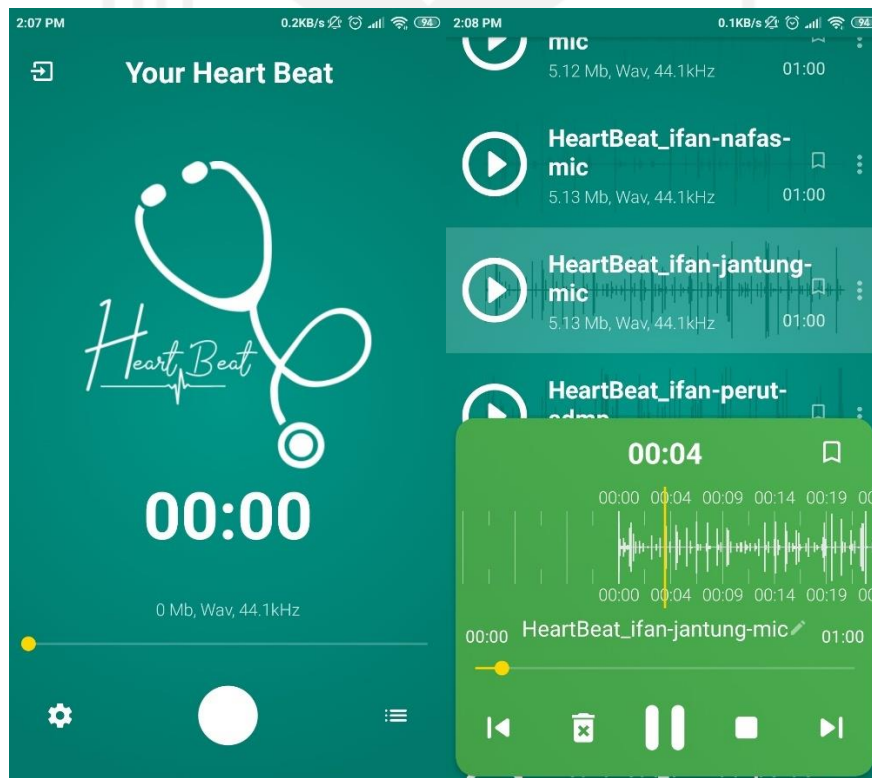
- [1] H. Wang, J. Chen, Y. Hu, Z. Jiang, and C. Samjin, "Heart Sound Measurement and Analysis System with Digital Stethoscope," *2009 2nd Int. Conf. Biomed. Eng. Informatics, Tianjin, China*, pp. 1–5, 2009, doi: 10.1109/BMEI.2009.5305287.
- [2] B. Malik, N. Eya, H. Migdadi, M. J. Ngala, R. A. Abd-Alhameed, and J. M. Noras, "Design and Development of An Electronic Stethoscope," *2017 Internet Technol. Appl. (ITA), Wrexham*, pp. 324–328, 2017, doi: 10.1109/ITECHA.2017.8101963.
- [3] S. Szot, A. Levin, A. Ragazzi, and T. Ning, "A Wireless Digital Stethoscope Design," *2018 14th IEEE Int. Conf. Signal Process. (ICSP), Beijing, China*, pp. 74–78, 2018, doi: 10.1109/ICSP.2018.8652475.
- [4] dr. A. B. Ieuan Noya, "Mengenal Bagian-Bagian Stetoskop Beserta Fungsinya," *Alodokter*, 2019. <https://www.alodokter.com/ini-yang-didengar-dokter-melalui-stetoskop> (accessed Jan. 13, 2021).
- [5] Littmann, "3M™ Littmann® Electronic Stethoscope Model 3200," *Littmann*, 2013. [https://www.littmann.com/3M/en\\_US/littmann-stethoscopes/products/~3M-Littmann-Electronic-Stethoscope-Model-3200/?N=5932256+8711017+3293188392&rt=rud](https://www.littmann.com/3M/en_US/littmann-stethoscopes/products/~3M-Littmann-Electronic-Stethoscope-Model-3200/?N=5932256+8711017+3293188392&rt=rud) (accessed Jan. 14, 2021).
- [6] MediaCollege, "Condenser Microphones," *Media College*. <https://www.mediacollege.com/audio/microphones/condenser.html> (accessed Jan. 13, 2021).
- [7] B. Rose, "Comparing MEMS and Electret Condenser (ECM) Microphones," *CUI Devices*, 2020. <https://www.cuidevices.com/blog/comparing-mems-and-electret-condenser-microphones#mems-microphone-basics> (accessed Sep. 28, 2020).
- [8] MATLAB, "Time Domain Plot," *MathWorks*. <https://www.mathworks.com/help/audio/ref/stretchaudio.html> (accessed Jan. 13, 2021).
- [9] MATLAB, "Frequency Domain Plot," *MathWorks*. <https://www.mathworks.com/help/signal/ug/practical-introduction-to-frequency-domain-analysis.html> (accessed Jan. 14, 2021).

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 – Rincian komponen

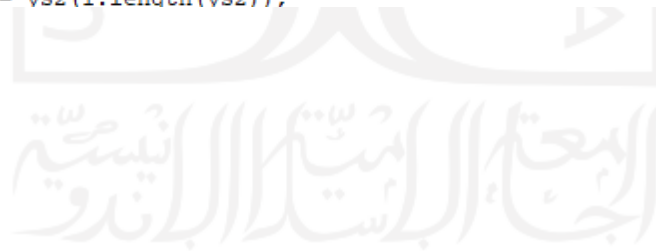
No	Rincian	jumlah (Unit)	Satuan	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Stetoskop elektronik Littmann 3200	1	1	8.000.000	8.000.000
<b>Jumlah</b>					<b>8.000.000</b>
No	Rincian	jumlah (Unit)	Satuan	Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
1	Modul mikrofon ADMP401	1		154.000	154.000
2	Mikrofon Lavalier BY-M1	1	1	135.000	135.000
3	Cetak 3D <i>printer</i>	1	34 gr	1.300	44.200
4	Battery 9 V	1	1	5.000	5.000
5	Soket Battery 9V	1	1	7.000	7.000
6	Regulator LM7805	1	1	3.000	3.000
7	Resistor	3	1	200	600
<b>Jumlah</b>					<b>348.800</b>

### Lampiran 2 – Aplikasi perekaman



### Lampiran 3 – Program Matlab 2015a

```
1 - close all; clc;
2
3 - %fs = 44100;
4
5 - %% Test 60 detik pengambilan data
6 - [ys1,fs1]=audioread('sub2-jantung_littmann_ahmad.wav');
7 - [ys2,fs]=audioread('sub2-HeartBeat_ahmad-jantung-mic.wav');
8 - [ys3,fs]=audioread('sub2-HeartBeat_ahmad-jantung-admp.wav');
9
10 - %t1=0:1/fs:(length(ys1)-1)/fs; %jadi detik
11
12 - L1 = length(ys1); %Untuk Mendapatkan nilai panjang dr sinyal suara
13 - L2 = length(ys2);
14 - L3 = length(ys3);
15
16 - t1 = (0:L1-1)/fs1; %Untuk Mencari Time Sampling
17 - t2 = (0:L2-1)/fs;
18 - t3 = (0:L3-1)/fs;
19
20 - L1/fs1; L2/fs; L3/fs;
21
22 - t1 = 0:1/fs1:(length(ys1)-1)/fs1;
23 - t2 = 0:1/fs:(length(ys2)-1)/fs;
24 - t3 = 0:1/fs:(length(ys3)-1)/fs;
25
26 - freksamp1 = ys1(1:length(ys1));
27 - freksamp2 = vs2(1:length(vs2));
```



```

28 -     freaksamp3 = ys3(1:length(ys3));
29
30 -     yabs1=abs(fft(ys1,44100));
31 -     yabs2=abs(fft(ys2,44100));
32 -     yabs3=abs(fft(ys3,44100));%1024 2048 44100
33
34 -     frek1 = linspace(0,fs,length(yabs1));
35 -     frek2 = linspace(0,fs,length(yabs2));
36 -     frek3 = linspace(0,fs,length(yabs3));
37
38     %% plot TUBE
39 -     figure(1)
40 -     subplot 311,plot(t1,ys1); hold on ,grid on
41 -     title('sinyal asli stetoskop littman')
42 -     ylabel('Magnitude')
43 -     xlabel('Time (s)')
44 -     xlim ([ 10 15])
45
46 -     subplot 312,plot(t2,ys2); hold on ,grid on
47 -     title('sinyal asli Mikrofon Lavalier BY-M1')
48 -     ylabel('Magnitude')
49 -     xlabel('Time (s)')
50 -     xlim ([ 10 15])
51
52 -     subplot 313,plot(t3,ys3); hold on ,grid on
53 -     title('sinyal asli Modul Mikrofon ADMP401')
54 -     ylabel('Magnitude')
55 -     xlabel('Time (s)')
56 -     xlim ([ 10 15])
57
58     %% plot FFT
59 -     figure(2)
60 -     subplot 311,plot(frek1(1:round(length(frek1)/2)),yabs1(1:round(length(yabs1)/2)));
61 -     grid on
62 -     title('FFT sinyal asli stetoskop littman')
63 -     ylabel('Power')
64 -     xlabel('Frekuensi')
65
66 -     subplot 312,plot(frek2(1:round(length(frek2)/2)),yabs2(1:round(length(yabs2)/2)));
67 -     grid on
68 -     title('FFT sinyal asli Mikrofon Lavalier BY-M1')
69 -     ylabel('Power')
70 -     xlabel('Frekuensi')
71
72 -     subplot 313,plot(frek3(1:round(length(frek3)/2)),yabs3(1:round(length(yabs3)/2)));
73 -     grid on
74 -     title('FFT sinyal asli Modul Mikrofon ADMP401')
75 -     ylabel('Power')
76 -     xlabel('Frekuensi')

```

Program Matlab 2015a SNR

```

61 %% Device 1
62 [x,fs] = audioread('sub3-Jantung_littmann_ifan.wav');
63 L = length(x); % Untuk Mendapatkan nilai panjang dr sinyal suara
64 time_s = L/fs; % panjang waktu perekaman dalam detik
65 t1 = 0:1/fs:(length(x)-1)/fs;
66 % xdb = 10*log(x.^2); % untuk mengubah menjadi db
67
68 smpx1_1 = (x(22370:23050)); %sampling gelombang S1
69 smpx2_1 = (x(23660:24170)); %sampling gelombang S2
70 smpy1_1 = (x(21630:22310)); %sampling gelombang noise 1
71 smpy2_1 = (x(24330:24840)); %sampling gelombang noise 2
72
73 snr1_1 = snr(smpx1_1,smpy1_1) % snr 1
74 snr1_2 = snr(smpx2_1,smpy2_1) % snr 2
75
76 figure (1)
77 plot(x); title('banyak data dvl')
78
79 figure (2)
80 plot (t1,x);
81 hold on
82 grid on
83 title('sinyal asli stetoskop')
84 xlabel('time (s)')
85 ylabel('amplitude')
86 xlim ([5 10])
87

```

```

88 %% Device 2
89 [x1,fs1] = audioread('sub3-HeartBeat_ifan-jantung-mic.wav');
90 L = length(x1); %Untuk Mendapatkan nilai panjang dr sinyal suara
91 t2 = 0:1/fs1:(length(x1)-1)/fs1;
92 % xldb = 10*log(x1.^2);
93
94 smpx1_2 = (x1(194800:198000));%sampling gelombang S1
95 smpx2_2 = (x1(208800:212600));%sampling gelombang S2
96 smpy1_2 = (x1(183100:186300)); %sampling gelombang noise 1
97 smpy2_2 = (x1(214600:218400)); %sampling gelombang noise 2
98
99 snr2_1 = snr(smpx1_2,smpy1_2) % snr 1
100 snr2_2 = snr(smpx2_2,smpy2_2) % snr 2
101
102 figure (3)
103 plot (x1); title('banyak data dv2')
104
105 figure (4)
106 plot (t2,x1);
107 hold on
108 grid on
109 title('sinyal asli stetoskop')
110 xlabel('time (s)')
111 ylabel('amplitude')
112 xlim ([5 10])
113

```



```

115 %% Device 3
116 [x2,fs2] = audioread('sub3-HeartBeat_ifan-jantung-admp.wav');
117 L = length(x2); %Untuk Mendapatkan nilai panjang dr sinyal suara
118 t3 = 0:1/fs2:(length(x2)-1)/fs2;
119
120 smpx1_3 = (x2(1043000:1046000)); %sampling gelombang S1
121 smpx2_3 = (x2(1058000:1061000)); %sampling gelombang S2
122 smpy1_3 = (x2(1033000:1036000)); %sampling gelombang noise 1
123 smpy2_3 = (x2(1062000:1065000)); %sampling gelombang noise 2
124
125 snr3_1 = snr(smpx1_3,smpy1_3) % snr 1
126 snr3_2 = snr(smpx2_3,smpy2_3) % snr 2
127
128
129 figure (5)
130 plot (x2); title('banyak data dv3')
131
132 figure (6)
133 plot (t3,x2);
134 hold on
135 grid on
136 title('sinyal asli stetoskop')
137 xlabel('time (s)')
138 ylabel('amplitude')
139 xlim ([5 10])
140
141
142
143 figure (7)
144 subplot 321,plot(smpx1_1); title('sampling gelombang S1 dv1')
145 subplot 322,plot(smpx2_1); title('sampling gelombang S2 dv1')
146 subplot 323,plot(smpx1_2); title('sampling gelombang S1 dv2')
147 subplot 324,plot(smpx2_2); title('sampling gelombang S2 dv2')
148 subplot 325,plot(smpx1_3); title('sampling gelombang S1 dv3')
149 subplot 326,plot(smpx2_3); title('sampling gelombang S2 dv3')
150
151 figure (8)
152 subplot 321,plot(smpy1_1); title('sampling noise 1 dv1')
153 subplot 322,plot(smpy2_1); title('sampling noise 2 dv1')
154 subplot 323,plot(smpy1_2); title('sampling noise 1 dv2')
155 subplot 324,plot(smpy2_2); title('sampling noise 2 dv2')
156 subplot 325,plot(smpy1_3); title('sampling noise 1 dv3')
157 subplot 326,plot(smpy2_3); title('sampling noise 2 dv3')

```

#### Lampiran 4 – proses pengambilan data

