

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari 2015 hingga Desember 2015 di Laboratorium Elektronika dan Laboratorium Instrumentasi Medis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

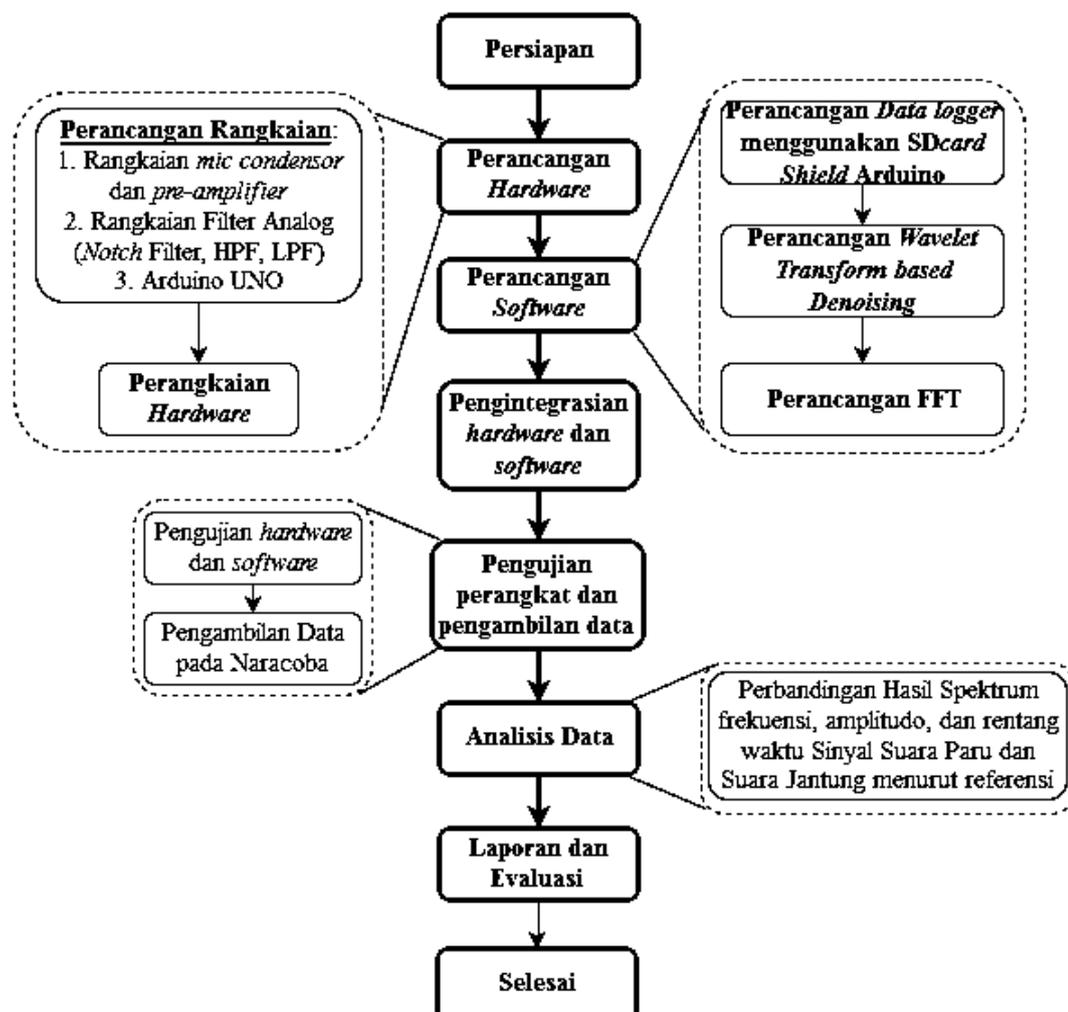
Sebagai penunjang dalam melaksanakan pembuatan, pengukuran, pengamatan, maupun pengujian alat, peralatan yang digunakan selama penelitian antara lain *Personal Computer* (PC), *Software* Arduino IDE 1.6.1, *Software* MATLAB R2013a, *Software* Eagle 7.2.0, Multimeter Digital, Osiloskop Digital, *Function Generator*, Solder, bor dan mata bor, *tool set*, *Bread board*.

3.2.2 Bahan Penelitian

Pemilihan suatu bahan merupakan salah satu hal yang penting dalam menunjang keberhasilan pembuatan suatu rangkaian elektronika. Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain, Stetoskop, Arduino UNO R3, *Micro SD shield* Arduino, *SD Card*, PCB (*Project Circuit Board*), *Mic Condensor*, IC CA3240, IC OP07, Resistor, Kapasitor, *Pin Header*, Kabel *Jumper*, Baterai 9V, Kancing baterai, timah, dan akrilik.

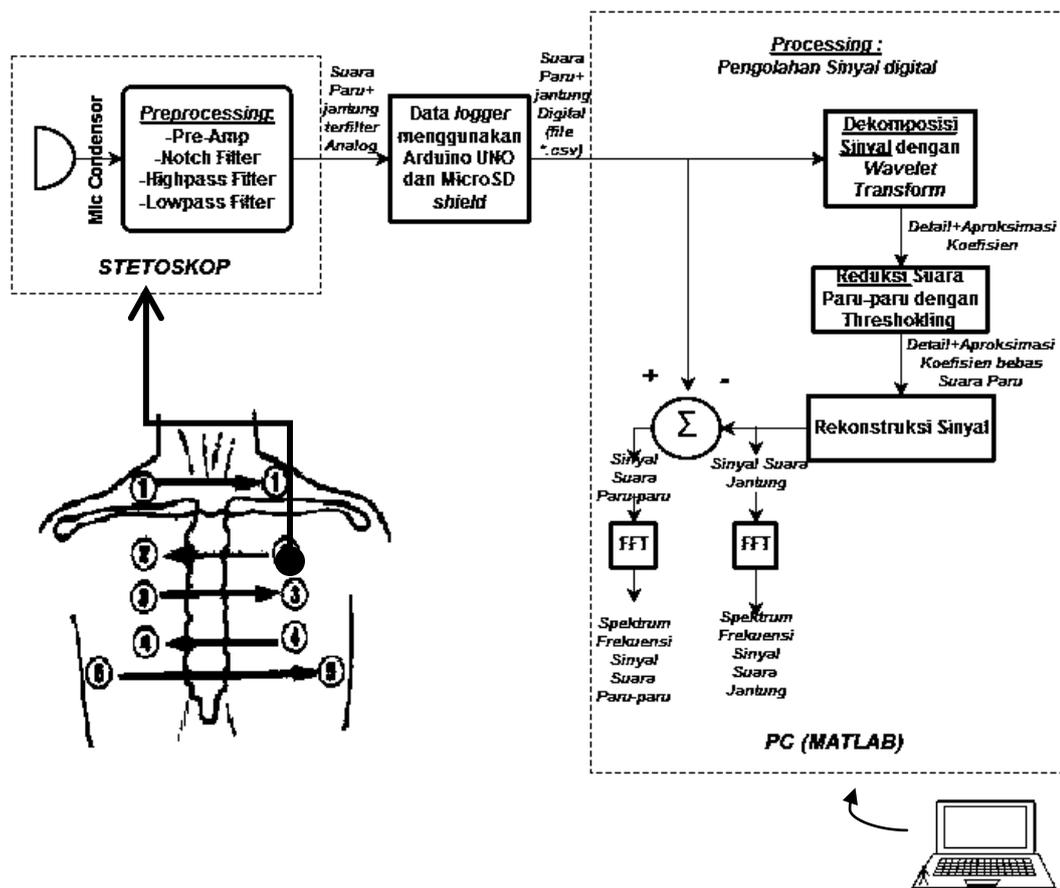
3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian “Perancangan Sistem Akuisisi Data Berbasis Arduino untuk Pengenalan Ciri Sinyal Suara Paru dan Jantung”, dilaksanakan dengan beberapa tahapan prosedur antara lain terdiri dari persiapan, perancangan *hardware*, perancangan *software*, pengintegrasian *hardware* dengan *software*, pengujian alat, pengambilan data, analisis data, serta laporan dan evaluasi. Diagram alir penelitian yang dilakukan digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Sedangkan secara garis besar, skema rancangan perangkat akuisisi data berbasis arduino yang terdiri atas rangkaian *hardware* dan *software* yang dibuat ditampilkan dalam diagram blok pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Diagram Blok Perangkat Akuisisi Data

Prinsip kerja dari diagram blok perangkat akuisisi data adalah stetoskop yang telah dimodifikasi dengan menambahkan komponen *mic condensor* sebagai sensor untuk mengonversi sinyal gelombang suara menjadi sinyal listrik berupa tegangan yang kemudian diampifikasi dengan *pre-amp*, dan dilengkapi dengan filter analog untuk mengakuisisi data sinyal suara paru-paru dan jantung yang diperoleh dari lokasi auskultasi. Data sinyal analog yang terekam melalui *data*

logger Arduino kemudian tersimpan dalam SD *card* berupa sinyal digital yang telah dikonversi menjadi file *.csv untuk dapat diolah di MATLAB. Selanjutnya, file sinyal akuisisi diolah secara digital dengan menggunakan *software* MATLAB dengan melakukan ekstraksi fitur menggunakan metode Transformasi *Wavelet Based Denoising*.

Pada ekstraksi fitur ini, dilakukan dekomposisi sinyal. Proses dekomposisi ini berlangsung hingga level dekomposisi yang digunakan. Selanjutnya dilakukan reduksi suara paru dengan metode *soft thresholding* dari masing-masing koefisien tersebut yang berfungsi untuk meredam koefisien-koefisien *wavelet* yang memiliki nilai dibawah *threshold* yang telah ditentukan dengan syarat yang memenuhi persamaan 2.10. Sehingga diperoleh sinyal koefisien dekomposisi yang bebas dari sinyal suara paru. Kemudian dilakukan rekonstruksi sinyal dengan cara invers proses dekomposisi sehingga diperoleh sinyal suara jantung.

Setelah memperoleh sinyal suara jantung, kemudian mendiferensiasi sinyal rekaman paru awal dengan suara jantung hasil rekonstruksi, sehingga diperoleh sinyal suara paru. Kedua sinyal ini kemudian ditransformasikan menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mengetahui segmen spektrum frekuensi sinyalnya.

3.3.1 Persiapan

Tahap persiapan meliputi persiapan komponen alat dan bahan yang dibutuhkan pada saat penelitian, serta persiapan rancangan *hardware* dan *software*.

3.3.2 Perancangan *Hardware*

Pada perancangan *hardware* sistem akuisisi data terdapat 3 (tiga) bagian utama, yaitu rangkaian *pre-amplifier* yang dihubungkan pada *mic condensor*, rangkaian filter analog yang terdiri dari rangkaian *notch* filter, *highpass* filter, dan *lowpass* filter, serta mikrokontroler Arduino UNO untuk pengakuisisi data.

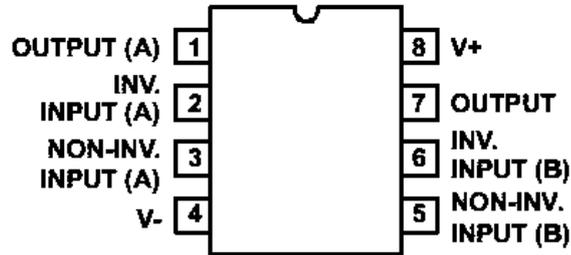
3.3.2.1 Pre-Amp dan *Mic Condensor*

Rangkaian pre-amp digunakan untuk menguatkan sinyal yang ditimbulkan *Mic Condensor*. *Mic Condensor* ini digunakan sebagai sensor untuk mengonversi suara yang ditimbulkan paru-paru dan jantung menjadi informasi sinyal tegangan. Rangkaian pre-amp pada rancangan ini menggunakan IC CA3240 dengan spesifikasi ditunjukkan pada Gambar 3.3.

PARAMETER	SYMBOL	CA3240		
		MIN	TYP	MAX
Input Offset Voltage	V_{IO}	-	5	15
Input Offset Current	I_{IO}	-	0.5	30
Input Current	I_I	-	10	50
Large-Signal Voltage Gain (See Figures 13, 28) (Note 3)	A_{OL}	20	100	-
		86	100	-
Common Mode Rejection Ratio (See Figure 18)	CMRR	-	32	320
		70	90	-
Common Mode Input Voltage Range (See Figure 25)	V_{ICR}	-15	-15.5 to +12.5	11
Power Supply Rejection Ratio (See Figure 20)	PSRR ($\Delta V_{IO}/\Delta V_{\pm}$)	-	100	150
		76	80	-
Maximum Output Voltage (Note 4) (See Figures 24, 25)	V_{OM+}	12	13	-
	V_{OM-}	-14	-14.4	-
Maximum Output Voltage (Note 5)	V_{OM}	0.4	0.13	-
Total Supply Current (See Figure 16) For Both Amps	$I+$	-	8	12
Total Device Dissipation	P_D	-	240	360

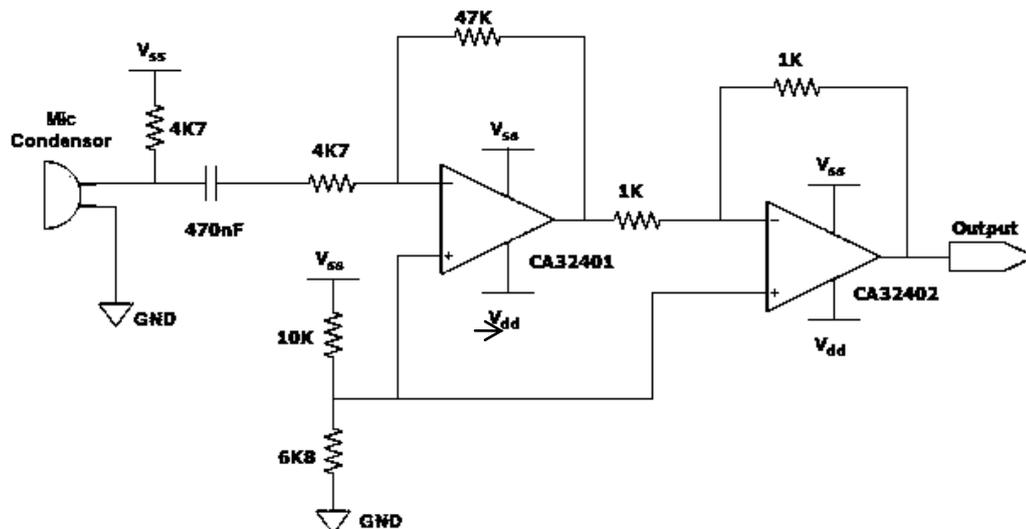
Gambar 3.3 Spesifikasi IC CA3240 (Intersil, 2001)

Sedangkan konfigurasi pin IC CA3240 ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Konfigurasi Kaki pin IC CA3240 (Intersil, 2001)

Sehingga, dirancang rangkaian *pre-amp* yang dihubungkan dengan *mic condensor* pada Gambar 3.5 yang akan dihubungkan dengan stetoskop dalam proses akuisisi data.

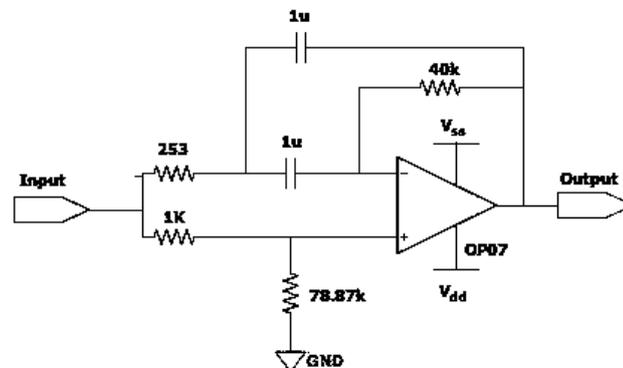


Gambar 3.5 Rancangan Skematik *Mic Condensor* dan *pre-Amp* (Sapuan, 2012)

3.3.2.2 Rangkaian *Notch Filter*

Rangkaian *notch filter* pada penelitian ini digunakan untuk menghilangkan *noise* jala-jala listrik frekuensi 50 Hz pada suplai tegangan. IC yang digunakan adalah IC OP07.

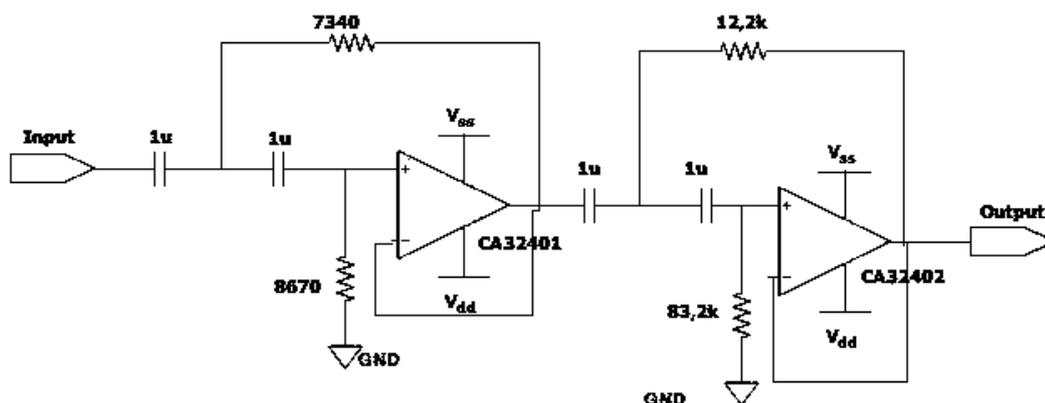
Rangkaian *notch* filter ditunjukkan pada Gambar 3.6.



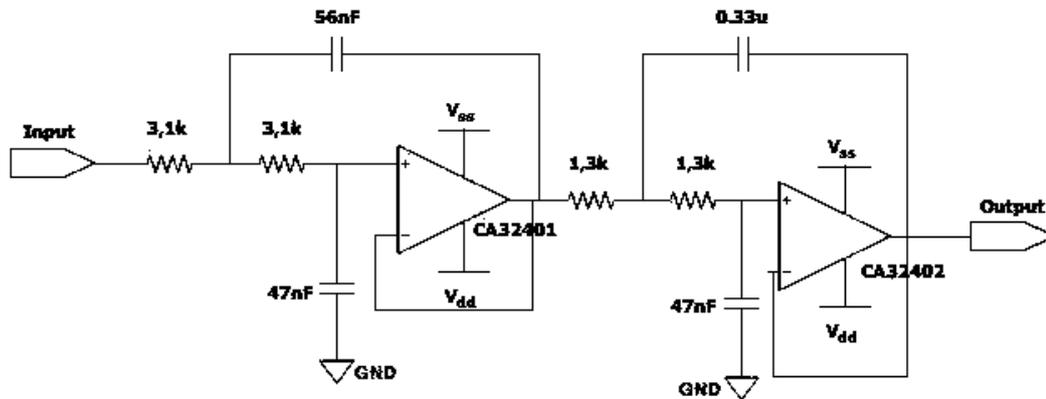
Gambar 3.6 Rangkaian *Notch* Filter (Sapuan, 2012)

3.3.2.3 Rangkaian *Bandpass* Filter

Rangkaian *Bandpass* Filter pada penelitian ini digunakan untuk meneruskan sinyal antara frekuensi 20-1000 Hz. Rangkaian *Bandpass* Filter ini terdiri dari rangkaian *Highpass* Filter dan *Lowpass* Filter orde 4. Gambar 3.7.(a) menunjukkan rangkaian *Highpass* Filter dan Gambar 3.7.(b) menunjukkan rangkaian *Lowpass* Filter.



(a)



(b)

Gambar 3.7 (a) Rangkaian *Highpass* Filter; (b) Rangkaian *Lowpass* Filter

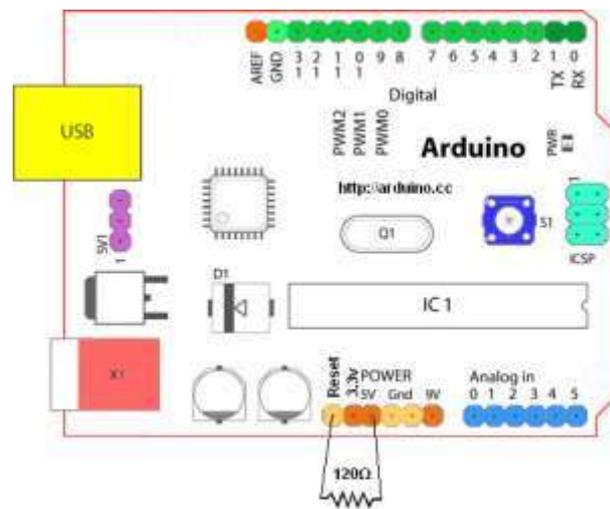
(Sapuan, 2012)

3.3.2.4 Mikrokontroler Arduino UNO

Arduino UNO merupakan mikrokontroler dari perusahaan Atmel dengan sistem *open source*, dimana contoh-contoh program dapat *download* secara gratis dari situs resmi Arduino. Arduino memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan mikrokontroler lain, antara lain:

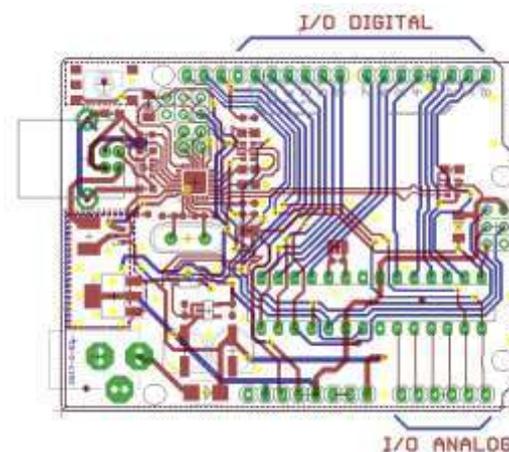
- Tidak perlu perangkat chip programmer karena di dalamnya telah ada bootloader yang akan menangani upload program dari komputer.
- Telah memiliki sarana komunikasi USB, sehingga pengguna laptop yang tidak memiliki port serial/ RS323 dapat menggunakannya.
- Bahasa pemrograman relatif mudah karena software Arduino dilengkapi dengan kumpulan library yang cukup lengkap.
- Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang dapat ditancapkan pada board Arduino. Misalnya *shield* GPS, Ethernet, SD Card, dll.

Dalam penelitian ini, Arduino UNO digunakan untuk pengakuisisi dan perekaman data menggunakan *SD card shield*. Konfigurasi pin dari mikrokontroler Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Arduino (Arduino, 2015)

Dari gambar di atas, mikrokontroler telah dapat digunakan untuk melakukan proses yang diperlukan. Konfigurasi pin-pin mikrokontroler lebih lengkap dapat dilihat pada sirkuit elektrik pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Sirkuit elektrik pada papan Arduino (Arduino, 2015)

Untuk konfigurasi masukan dan keluaran yang digunakan pada Arduino UNO adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Pin I/O yang digunakan pada sistem

No.	Pin	Fungsi	Keterangan
1.	Pin A0	Masukan dari keluaran <i>hardware</i>	Digunakan sebagai masukan data dari Rangkaian Amplifier dan Filter Analog
2.	Pin 3.3V	<i>ground</i>	Input <i>ground</i> dari rangkaian <i>hardware</i>
3.	Pin Header ICSP	Masukan <i>shield</i> SD <i>card</i>	Digunakan sebagai <i>shield</i> untuk penyimpan data menggunakan SD <i>card</i>

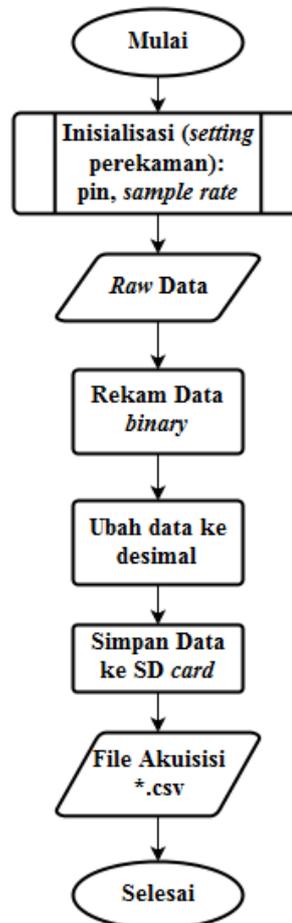
3.3.3 Perancangan *Software*

Pada perancangan *software*, digunakan *software* Arduino IDE dan *software* MATLAB. Arduino berisi program untuk proses *data logger* dan penyimpanan data pada SD *card*. Sedangkan MATLAB berisi program untuk menampilkan hasil perekaman sinyal dari SD *card* dan melakukan pengolahan sinyal digital menggunakan transformasi *wavelet based denoising*.

3.3.3.1 Perekaman data menggunakan *data logger* Arduino

Arduino dalam penelitian ini digunakan sebagai *data logger* sinyal yang terakuisisi oleh sensor. Data yang terekam berupa file ASCII dan dikonversikan ke file *.csv yang selanjutnya tersimpan di SD *card* untuk dapat diolah di

MATLAB. Diagram alir perekaman data menggunakan *data logger* Arduino dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Diagram alir perekaman *data logger* Arduino

3.3.3.2 Pengolahan Sinyal dengan Transformasi *Wavelet based denoising*

Transformasi *wavelet* digunakan sebagai *denoising* sinyal. *Denoising* merupakan metode untuk menghilangkan atau mereduksi sinyal *noise* sekecil mungkin untuk mendapatkan visualisasi sinyal asli yang dalam hal ini adalah sinyal suara paru-paru yang memiliki amplitudo yang lebih kecil dari sinyal suara jantung dianggap sebagai *noise* dengan tujuan agar dapat mengenali ciri sinyal suara jantung (Taswell, 2001).

Konsep yang digunakan dalam *denoising* adalah *thresholding* yaitu men-*threshold* komponen *wavelet* yang berfrekuensi tinggi (*detail coefficient*) (Taswell, 2001). Metode *denoising* dengan transformasi *wavelet* berbeda dengan metode konvensional. Dengan metode ini komponen frekuensi dapat saling *overlap* sebanyak mungkin. *Thresholding* dapat dilakukan secara global dimana suatu nilai *threshold* diaplikasikan ke semua level skala dari transformasi *wavelet*, atau setiap level memiliki nilai *threshold* masing-masing. *Thresholding* memodifikasi koefisien transformasi *wavelet* dengan tujuan untuk merekonstruksi replika dari sinyal yang sebenarnya.

Wavelet based denoising terdiri dari tiga tahapan, tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Dekomposisi Sinyal

Dekomposisi sinyal adalah pemecahan sinyal pengurangan sinyal menjadi bentuk yang lebih sederhana. Dalam hal ini adalah menguraikan sinyal untuk menjadi koefisien-koefisien *wavelet* sesuai dengan level dekomposisi.

Sinyal input $x[n]$ melalui dua buah filter yang menghasilkan sinyal yaitu *lowpass* filter dan *highpass* filter. LPF menghasilkan bentuk gelombang yang disebut dengan aproksimasi (*approximation coefficient*) $a[n]$ yang merupakan skala tinggi tetapi komponen sinyal frekuensi rendah, dan HPF menghasilkan gelombang acak yang disebut detail (*detail coefficient*) $d[n]$ yang merupakan skala rendah dengan komponen sinyal frekuensi tinggi. Selanjutnya keluaran dari *lowpass* filter digunakan sebagai masukan untuk level kedua hingga

level yang ditentukan. Hasil dari dekomposisi sinyal adalah koefisien-koefisien *wavelet* dari sinyal paru dan jantung yang disebut aproksimasi dan detail.

2. *Denoising* dengan metode *Soft Thresholding*

Thresholding dalam hal ini adalah bertujuan untuk meredam sinyal *noise* yang tidak diinginkan, yaitu sinyal suara paru-paru karena memiliki amplitudo yang lebih rendah daripada sinyal suara jantung.

Soft thresholding ini berfungsi untuk meredam koefisien-koefisien *wavelet* yang memiliki nilai di bawah *threshold* yang telah ditentukan. Koefisien-koefisien *wavelet* yang sebelumnya telah diperoleh dari proses dekomposisi sinyal yang berada di atas *threshold* digolongkan sebagai sinyal, sedangkan jika di bawah *threshold* dipertimbangkan menjadi *noise*. Sehingga koefisien yang di atas *threshold* tetap dipertahankan, sedangkan yang di bawah *threshold* diredam. Sehingga hasil *thresholding* menghasikan koefisien aproksimasi dan detail yang bebas dari suara paru. Metode *thresholding* didasarkan pada persamaan 2.10 dan persamaan 2.11.

3. Rekonstruksi Sinyal

Rekonstruksi adalah proses pengembalian atau pembentukan kembali ke bentuk semula, dalam hal ini adalah pembentukan kembali sinyal dari koefisien-koefisien setelah dekomposisi dan *thresholding*.

Untuk menghitung rekonstruksi *wavelet* melalui penjumlahan koefisien aproksimasi dari tingkat terakhir dan koefisien detail dari level satu hingga terakhir. Proses rekonstruksi merupakan keterbalikan atau *invers* dari proses dekomposisi sinyal. Sehingga diperoleh sinyal suara jantung.

4. Pemisahan Sinyal suara jantung dari suara paru (Diferensiasi sinyal)

Diferensiasi sinyal adalah membedakan sinyal dengan cara mengurangkan sinyal. Langkah ini bertujuan untuk mengenali ciri sinyal suara paru dengan pengurangan sinyal antara data sinyal rekaman suara paru terdistorsi suara jantung dengan sinyal suara jantung hasil rekonstruksi. Sehingga diperoleh sinyal suara paru. Untuk mendapatkan sinyal hasil differensiasi maka sinyal *output* hasil *preprocessing* dikurangi dengan sinyal hasil rekonstruksi dengan demikian akan mendapatkan hasil sinyal differensiasi. Untuk menghitung sinyal differensiasi dengan Persamaan berikut :

$$s(k) = h(k) + n(k) \quad (3.1)$$

dimana :

$s(k)$ = *signal original* (sinyal output *preprocessing*)

$h(k)$ = *heart sound* (sinyal rekonstruksi)

$n(k)$ = *noise*

3.3.3.3 Transformasi Sinyal menggunakan Transformasi *Fourier*

Tujuan dari mentransformasikan sinyal menggunakan transformasi *fourier*, yaitu mengubah informasi sinyal dalam domain waktu ke domain frekuensi. Hal ini ditujukan agar dapat mengetahui spektrum frekuensi sinyal untuk analisis ciri sinyal.

3.3.4 Pengintegrasian *hardware* dan *software*

Hardware dan *software* yang telah dibuat selanjutnya adalah mengintegrasikannya untuk dapat melihat kinerja alat hasil rancangan.

3.3.5 Pengujian Perangkat dan Pengambilan Data

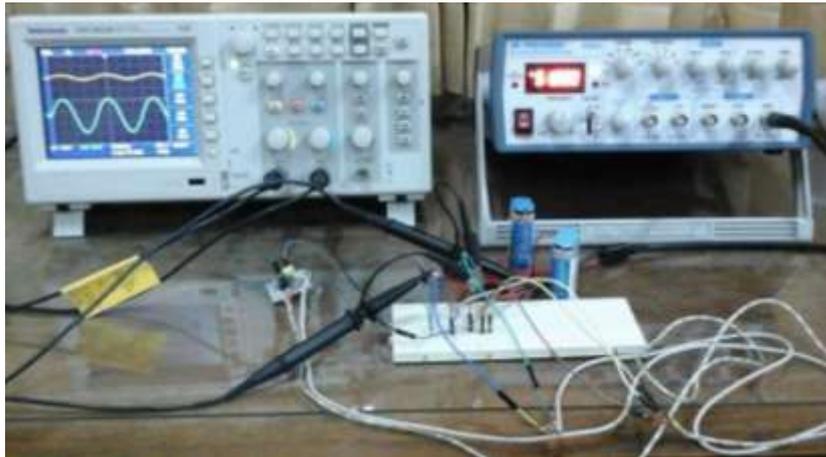
Pengujian perangkat yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian rangkaian pada perangkat keras sistem akuisisi. Pengujian *hardware* terdiri dari pengujian rangkaian *amplifier*, rangkaian *notch* filter, rangkaian *highpass* filter, dan rangkaian *lowpass* filter.

Tahap pertama pengujian alat adalah pengujian *amplifier*. Pengujian rangkaian ini meliputi pengujian linieritas terhadap besar tegangan input dengan output. Pengujian dilakukan menggunakan input sinyal dari *function generator* dengan frekuensi konstan tetapi amplitudo bervariasi, kemudian diamati hasil amplitudo keluarannya pada osiloskop. Selanjutnya nilai amplitudo sinyal input dibandingkan dengan nilai amplitudo sinyal output.

Selanjutnya adalah pengujian filter analog. Pengujian dilakukan dengan menggunakan input sinyal dari *function generator* dengan amplitudo konstan tetapi frekuensi bervariasi, kemudian diamati dan dibandingkan antara hasil amplitudo output pada osiloskop dengan hasil amplitudo input. Pada rangkaian *notch* filter, yaitu berdasarkan fungsi rangkaian untuk melemahkan jala-jala listrik yang timbul dari sumber listrik PLN, maka dilakukan pengujian dengan memberikan input frekuensi dengan rentang tertentu dan dilihat bentuk respon frekuensi sinyal pada frekuensi jala-jala listrik yaitu sebesar 50 Hz.

Pengujian kemudian dilanjutkan pada rangkaian *highpass* filter, dimana berfungsi untuk melemahkan frekuensi di bawah frekuensi *cut-off*, dimana dalam penelitian ini sebesar 20 Hz. Selanjutnya adalah melakukan pengujian pada rangkaian *lowpass* filter, yang berfungsi untuk melemahkan frekuensi di atas

frekuensi *cut-off*, dimana dalam penelitian ini sebesar 1000 Hz. Dilakukan hal yang sama seperti pengujian filter sebelumnya yaitu dengan mengamati hubungan besar tegangan input-output. Dokumentasi pengujian linearitas IC amplifier, rangkaian filter analog ditampilkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pengujian Linieritas *Amplifier* dan Filter Analog
(Dokumentasi Pribadi, 2015)

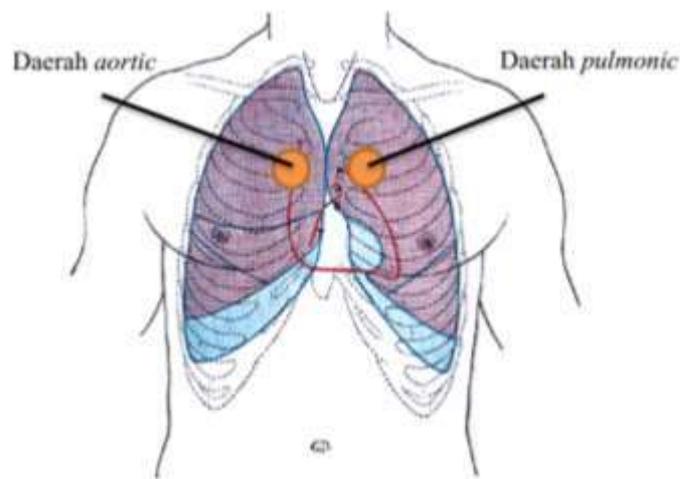
Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada 1 (satu) orang naracoba, berjenis kelamin pria, berusia 20-30 tahun dan dalam kondisi normal-sehat. Berdasarkan MedEdu (2014), langkah-langkah proses pengambilan data naracoba menggunakan perangkat sistem akuisisi data antara lain:

1. Perekaman dilakukan dalam ruangan khusus yang sunyi, pencahayaan cukup dan suhu yang nyaman.
2. Posisi naracoba duduk dengan kedua tangan di paha dan berhadapan dengan pemeriksa.
3. Daerah dada yang akan diperiksa harus tanpa perantara (stetoskop langsung bersentuhan dengan kulit)

4. Pastikan naracoba dalam keadaan santai dan nyaman, serta relaksasi untuk mengendorkan otot-otot pernapasan.
5. Tempelkan bagian diafragma stetoskop pada dada naracoba sisi anterior atas sebelah kiri dan kanan secara bergantian (saat akuisisi, naracoba tidak boleh berbicara).
6. Perlakuan pertama dilakukan perekaman dengan keadaan naracoba menahan nafas selama 4 detik.
7. Ulangi langkah 1-5 untuk perekaman dengan perlakuan kedua yaitu keadaan naracoba bernafas normal dengan menarik nafas pelan-pelan dengan mulut tertutup.
8. Data yang terekam melalui sistem akuisisi pada SD *card* selanjutnya dilakukan pengolahan sinyal di MATLAB (Kubangun, 2012).

Posisi akuisisi data dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Posisi Akuisisi Data (Santos dkk., 2001)

Gambar 3.12 merupakan posisi akuisisi data sinyal di permukaan dada. Warna ungu menunjukkan anatomi paru-paru bagian anterior, sedangkan warna biru muda menunjukkan anatomi paru-paru bagian posterior. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa jantung menempati ruang mediastinum di antara kedua paru-paru sebelah kiri terdapat sedikit rongga yang digunakan untuk posisi jantung. Pada Gambar 3.12 posisi jantung ditunjukkan dengan garis merah. Garis putus-putus menunjukkan tulang dada dan tulang rusuk yang melindungi paru-paru dan jantung. Posisi akuisisi sinyal dilakukan pada daerah *pulmonic*. Daerah *pulmonic* terletak di atas sepanjang arteri pulmonalis.

3.3.6 Analisis Data

Pada tahap analisis data dilakukan dengan cara analisis hasil pengujian *hardware* dan hasil pengolahan sinyal yang terakuisisi dari perangkat sistem akuisisi data. Data hasil pengujian *hardware* akan diperoleh nilai *error* dan ketelitian dari rangkaian yang digunakan pada perangkat sistem ini. Analisis dilakukan dengan cara mengamati spektrum frekuensi sinyal, rentang waktu, dan besar amplitudonya. Data hasil yang diperoleh dibandingkan dengan referensi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kinerja sistem akuisisi data perangkat keras sistem akuisisi data yang telah dibuat dan diperoleh informasi ciri sinyal suara paru dan suara jantung.