



**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS FETAL DOPPLER UNTUK  
MENDETEKSI DETAK JANTUNG JANIN DENGAN  
PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL**

**SKRIPSI**

**oleh**

**Rizki Nurmala  
NIM 111910201006**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS FETAL DOPPLER UNTUK  
MENDETEKSI DETAK JANTUNG JANIN DENGAN  
PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL**

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Jurusan Teknik Elektro (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

**oleh**

**Rizki Nurmala  
NIM 111910201006**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa kita semua dari jaman jahiliyah menuju jaman yang terang benderang. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Bapak Poniman dan Ibu Satija yang selalu mendoakan dan mendukung moral dan materi.
2. Kakak Wahid Purnawan, Hendra Siswono dan adik Siti Hofia yang selalu menjadi motivasi, penulis mendoakan sukses selalu.
3. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Terutama Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Sumardi S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesaikannya skripsi ini.
4. DIKTI yang telah membiayai kuliah saya melalui program Bidikmisi selama 4 tahun. Semoga Bidikmisi dapat mencapai tujuannya, memutus rantai kemiskinan.
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember

**MOTTO**

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.  
(terjemahan Surat Al-Mujadalah ayat 11)

Orang yang paling menyesal di hari kiamat adalah seseorang yang mendapat kesempatan untuk mencari ilmu (agama) ketika hidup di dunia, tetapi ia tidak mencarinya.  
(HR. Ibnu Assakir dari Annas r.a.)

Jika seseorang meninggal dunia, maka terputuslah amalnya kecuali tiga perkara yaitu sedekah jariyah, ilmu yang bermanfaat, dan doa anak yang sholeh.  
(HR. Muslim)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rizki Nurmala

NIM : 111910201006

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul *“Implementasi Dan Analisis Fetal Doppler untuk Mendeteksi Detak Jantung Janin dengan Pengolahan Sinyal Digital”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan yang sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 21 Desember 2015

Yang menyatakan,

Rizki Nurmala

NIM 111910201006

**SKRIPSI**

**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS FETAL DOPPLER UNTUK  
MENDETEKSI DETAK JANTUNG JANIN DENGAN  
PENGOLAHAN SINYAL DIGITAL**

Oleh

Rizki Nurmala  
NIM 111910201006

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Sumardi S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “*Implementasi Dan Analisis Fetal Doppler untuk Mendeteksi Detak Jantung Janin dengan Pengolahan Sinyal Digital*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua

Sekretaris

Bambang Supeno, S.T., M.T.  
NIP 196906301995121001

Sumardi S.T., M.T.  
NIP 196701131998021001

Penguji I

Penguji II

Satryo Budi Utomo S.T., M.T.  
NIP 198501262008011002

Mohamad Agung PN, S.T., M.T.  
NIP 196906301995121001

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi M.T  
NIP 196104141989021001

Implementasi dan Analisis Fetal Doppler untuk Mendeteksi Detak  
Jantung Janin dengan Pengolahan Sinyal Digital

**Rizki Nurmala**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember*

**ABSTRAK**

Masa kehamilan merupakan masa yang membahagiakan bagi seorang ibu. Pada masa tersebut seorang ibu akan selalu berharap yang terbaik untuk janin dalam kandungannya. Tidak jarang tiap melakukan pemeriksaan ke dokter atau bidan, ibu akan bertanya tanya kondisi janinnya. Pemantauan janin tentu saja tidak dapat dilakukan dengan kasat mata. Oleh karena itu, pemantauan dilakukan dengan mendengarkan detak jantung janin atau dengan melakukan USG. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *fetal Doppler* dan merancang sistem pengolahan sinyal digital pada *fetal Doppler* agar dapat menampilkan grafik untuk mempermudah dokter atau bidan dalam melakukan tindakan persalinan terhadap adanya kelainan aritmia pada jantung janin. Hasil studi menunjukkan dalam perancangan sistem *fetal Doppler* ini dibutuhkan frekuensi 2,8 MHz agar dapat mendeteksi detak jantung janin dengan usia kandungan antara 5 bulan sampai 9 bulan. Error terbesar yang dihasilkan saat pengujian fetal Doppler yaitu 20,72 %, error terkecil 2% dan rata rata error 7,041%. *Error* persen ini disebabkan karena adanya sinyal gangguan (*noise*) yang masuk serta sensor yang terlalu peka sehingga saat ada perubahan sedikit, sensor membacanya sebagai data masuk.

Kata kunci: aritmia, detak jantung, *fetal doppler*, janin.

*Implementation and Analysis Fetal Doppler for Detect Fetus  
Heart Beat with Digital Signal Processing*

**Rizki Nurmala**

*Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Jember University*

**ABSTRACT**

*The pregnancy period is a time what make happy for a mother. At this time, a mother always wish what the best for the fetus in the womb. Not infrequently every control her womb to the doctor or midwife, the mother will be ask about condition of her fetus. Fetal monitoring certainly can not do with the naked eye. Therefore, fetal monitoring will do by listening to the fetal heart rate or by performing an ultrasound. This research aims to design a fetal Doppler system and design a digital signal processing system of the fetal Doppler in order to display the graph to make easier for doctor or midwife in labor action to establish abnormalities in fetal heart arrhythmia. The study shows the system design fetal Doppler frequency of 2.8 MHz is required in order to detect the fetal heartbeat with a gestational age between 5 months to 9 months. The error generated during the testing of fetal Doppler is 20.72%, the smallest error of 2% and the average error 7.041%. Error percent is caused by entered the signal interference (noise) and sensors are too sensitive so that when there is little change, sensors read it as a data entry.*

*Key words: aritmia, fetal doppler, fetus, heart rate.*

## RINGKASAN

**Implementasi dan Analisis Fetal Doppler untuk Mendeteksi Detak Jantung Janin dengan Pengolahan Sinyal Digital**; Rizki Nurmala; 111910201006; 2015; 65 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tidak jarang seorang ibu hamil akan melakukan pemantauan kondisi janin dalam kandungannya. Pemantauan dilakukan dengan mendengarkan detak jantung janin atau dengan melakukan USG. Pemantauan dengan USG memerlukan biaya yang mahal. Untuk mendengarkan detak jantung pada janin, biasanya menggunakan *fetal doppler*. Bukan hanya memantau detak jantung janin keras atau lemah, tetapi juga dilihat perubahan iramanya terutama saat terjadi kontraksi rahim. Saat janin dalam keadaan *stress*, detak jantung yang tadinya berirama dan cepat bisa jadi tidak berirama dan melemah. Hal ini sangat dibutuhkan oleh seorang dokter atau bidan untuk melakukan tindakan terhadap janin karena janin dapat meninggal dalam kandungan. Selain itu, kelainan pada jantung janin juga dapat dideteksi lebih awal dengan melakukan pemantauan ini. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem *fetal doppler* dan merancang sistem pengolahan sinyal digital pada *fetal doppler* agar dapat menampilkan grafik untuk mempermudah dokter atau bidan dalam melakukan tindakan persalinan terhadap adanya kelainan aritmia pada jantung janin.

Perancangan *fetal doppler* ini menggunakan sensor *piezoelectric* yang dihubungkan dengan *transceiver* sebagai penangkap sinyal detak jantung janin. Sinyal suara detak jantung janin yang ditangkap dikirim ke *mainboard fetal Doppler* agar hasilnya dapat ditampilkan pada LCD dan didengarkan melalui speaker. Kemudian output pada *speaker* dihubungkan dengan arduino dan dikirimkan ke PC untuk divisualisasikan dalam bentuk grafik. Pemrograman tampilan pada PC dibuat dengan *software* Delphi XE 2 dengan Microsoft Access sebagai *database*. pembacaan secara manual maupun pembacaan dengan *fetal doppler*.

Untuk pembacaan detak jantung janin menggunakan *fetal doppler*, perlu ditambahkan gel ultrasonik untuk memaksimalkan pembacaan yang dilakukan oleh sensor *piezoelectric*. Detak jantung janin dihitung selama satu menit. Pembacaan detak jantung janin dilakukan untuk menentukan *distress* janin yaitu saat detak jantung janin dibawah 120 detak/menit (bradikardia) atau 160 detak/menit (takikardia). Pengambilan data dilakukan dua kali untuk setiap ibu hamil. Pada saat pengambilan data, nilai pada *fetal doppler* berubah ubah antara rentang nilai 120–160 detak per menit. Hal ini dikarenakan keaktifan janin di dalam kandungan. Dan nilai yang dicantumkan merupakan nilai rata-rata dari keseluruhan nilai yang muncul pada *fetal doppler* saat dilakukan pengujian.

Dari semua pasien yang telah dilakukan pemeriksaan, detak jantung janinnya dalam keadaan di atas bradikardia dan di bawah takikardia atau dapat disebut normal. Detak jantung janin normal yaitu berkisar antara nilai 120 detak/menit sampai 160 detak/menit. Adapun hasil dalam perancangan sistem *fetal Doppler* ini dibutuhkan frekuensi 2,8 MHz agar dapat mendeteksi detak jantung janin dengan usia kandungan antara 5 bulan sampai 9 bulan. Error terbesar yang dihasilkan saat pengujian fetal Doppler yaitu 20,72 %, error terkecil 2% dan rata rata error 7,041%.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Yang Maha Pengasih dan Penyayang atas segala rahmat, bimbingan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan beberapa pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah S.W.T yang telah memberikan pencerahan serta pertolongan;
2. Bapak Ir.Widyono Hadi, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember;
4. Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku DPU dan Bapak Sumardi S.T., M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu, pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan arahan demi terselesainya skripsi ini;
5. Bapak Satriyo Budi Utomo, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan bapak Mohamad Agung PN, S.T., M.T. selaku dosen penguji II;
6. Seluruh dosen Teknik Elektro Universitas Jember yang telah memberikan ilmu serta bimbingan moral selama masa studi;
7. Bapak Poniman dan Ibu Satija yang selalu mendoakan, mencurahkan kasih sayangnya, membentuk pribadi, dan memperkuat mental;
8. Kakak Wahid Purnawan, Hendra Siswono dan adik Siti Hofia yang saya sayangi;
9. Ibu guru Dra.Tutik Ismiatin yang selalu memberi nasihat dan kritik membangun demi membentuk pola pikir saya;
10. Teman–teman kuri–kuri Bahtiar, Ervina, Anis, Intan, Reza, Virzon, Lukman, Opank, dan Hafidi yang selalu memotivasi dan memberikan semangat;
11. Teman–teman elka yang setia membantu, berbagi ilmu, dan bekerja sama demi menyelesaikan tugas kuliah;
12. Seluruh teman–teman elektro 2011 yang saya sayangi;

13. Teman–teman bidikmisi 2011 yang selalu berjuang bersama memutus rantai kemiskinan melalui pendidikan;
14. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.;

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini agar dapat menjadi referensi yang memberikan manfaat bagi semua pihak. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca dan bagi penulis sendiri pada khususnya dan semoga Allah SWT memberikan yang terbaik untuk kita semua, Amin.

Jember, Desember 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>RINGKASAN</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>1.4 Tujuan</b> .....	3
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Studi Penelitian Terdahulu</b> .....	4
<b>2.2 Detak Jantung Janin</b> .....	5
<b>2.3 Teori Suara Jantung</b> .....	7
<b>2.4 Fetal Doppler</b> .....	10
<b>2.5 Filter</b> .....	11
<b>2.6 Pengolahan Sinyal Digital</b> .....	13

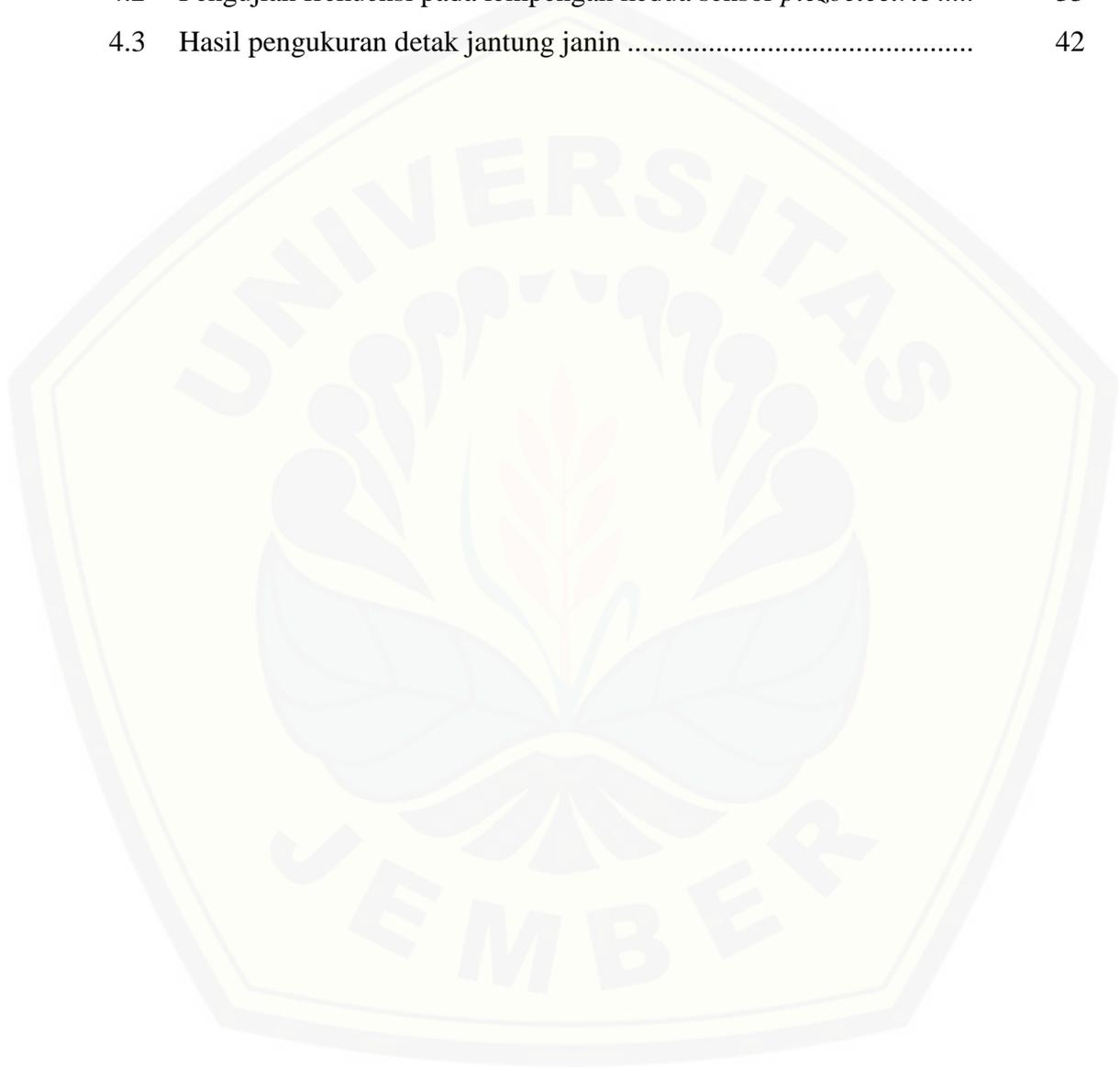
<b>2.7 Arduino Uno</b> .....	16
2.7.1 Diagram Blok dan Fungsi PIN pada Kit Arduino .....	17
2.7.2 Mikrokontroler ATmega328 .....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	21
<b>3.1 Jenis Penelitian</b> .....	21
<b>3.2 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	21
<b>3.3 Alat dan Bahan</b> .....	21
3.3.1 <i>Hardware</i> .....	21
3.3.2 <i>Software</i> .....	21
<b>3.4 Tahap Penelitian</b> .....	22
<b>3.5 Blok Diagram</b> .....	24
<b>3.6 Perancangan <i>Software</i></b> .....	25
<b>3.7 Desain Mekanik</b> .....	28
3.7.1 Rancang Sistem Mekanik .....	28
3.7.2 Pengolahan Sinyal pada <i>Mainboard</i> .....	28
3.7.3 Pengiriman Data dari <i>Mainboard</i> ke Arduino .....	29
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
<b>4.1 Pengujian Perangkat Keras</b> .....	31
4.1.1 Pengujian <i>Transceiver</i> .....	31
<b>4.2 Pengujian Perangkat Lunak</b> .....	34
4.2.1 Pengujian Komunikasi Serial antara <i>Fetal Doppler</i> , Arduino dan PC .....	34
4.2.2 Pengujian Koneksi <i>Database</i> pada Microsoft Access dengan Delphi .....	35
4.2.3 Pengujian Perangkat Lunak Secara Keseluruhan .....	38
<b>4.3 Pengujian Alat Secara Keseluruhan</b> .....	41
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	47
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	47
<b>5.2 Saran</b> .....	47

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

**DAFTAR TABEL**

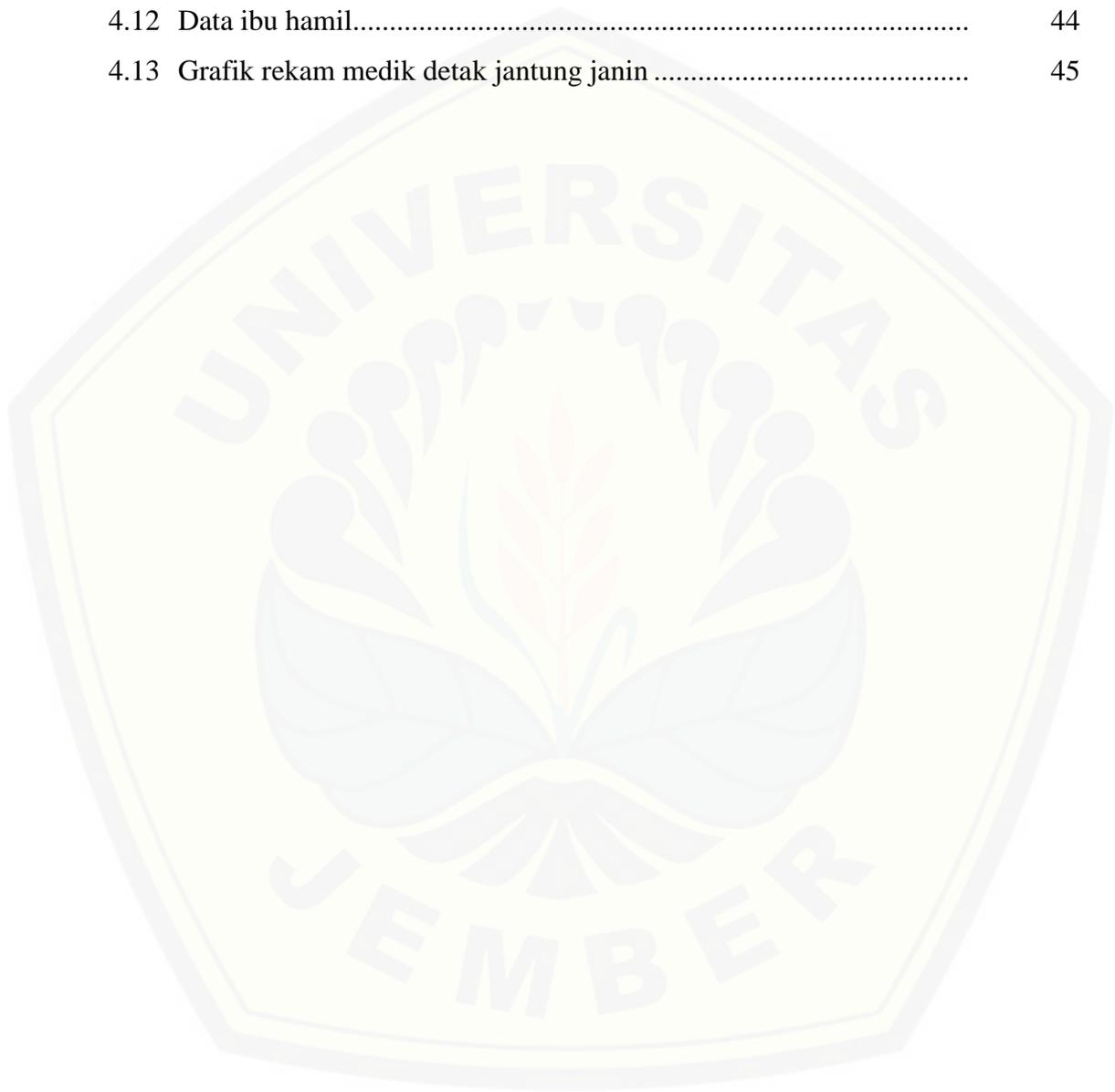
	Halaman
4.1 Pengujian frekuensi pada lempengan pertama sensor <i>piezoelectric</i> ..	32
4.2 Pengujian frekuensi pada lempengan kedua sensor <i>piezoelectric</i> .....	33
4.3 Hasil pengukuran detak jantung janin .....	42



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ragam gelombang berbagai suara jantung .....	8
2.2 Ragam gelombang suara jantung normal dan abnormal.....	9
2.3 Filter <i>Low Pass</i> .....	12
2.4 Filter <i>High Pass</i> .....	12
2.5 Filter <i>Band Pass</i> .....	13
2.6 Filter <i>Band Elimination</i> .....	13
2.7 <i>Sampling</i> dan <i>Quantizing</i> .....	14
2.8 Perubahan dari sinyal kontinyu ke sinyal diskrit .....	15
2.9 Blok diagram sistem pemrosesan sinyal pada DSP .....	15
2.10 Arduino .....	17
2.11 Diagram blok KIT arduino .....	17
3.1 Diagram alir penelitian <i>fetal doppler</i> .....	23
3.2 Blok diagram <i>fetal doppler</i> .....	24
3.3 Diagram alir pengiriman data dari arduino ke Delphi XE2.....	25
3.4 Algoritma pemrograman Delphi.....	27
3.5 Rancang sistem mekanik .....	28
3.6 Diagram alir pengolahan sinyal detak jantung janin .....	29
3.7 Pengiriman data dari arduino ke <i>mainboard</i> .....	30
4.1 Grafik perubahan nilai frekuensi yang ditangkap oleh lempengan kedua sensor <i>piezoelectric</i> .....	33
4.2 Jendela pengaturan konfigurasi komunikasi serial .....	34
4.3 Jendela pesan ketika <i>comport</i> tidak terdeteksi saat data mulai dikirim	35
4.4 <i>Database</i> yang dibuat pada Microsoft Access 2007.....	36
4.5 Koneksi antara <i>database</i> Ms.Access dengan form aplikasi Delphi...	37
4.6 Tampilan awal aplikasi rekam medik detak jantung janin .....	38
4.7 Kotak dialog saat tombol simpan ditekan namun ada data yang belum dimasukkan .....	40
4.8 Tampilan Kotak dialog saat data berhasil disimpan .....	40

4.9	Tampilan kotak dialog saat data yang dicari tidak terdapat pada <i>database</i> .....	41
4.10	Detak jantung janin yang dibaca oleh <i>fetal doppler</i> .....	42
4.11	Grafik perbandingan pengukuran detak jantung janin.....	43
4.12	Data ibu hamil.....	44
4.13	Grafik rekam medik detak jantung janin .....	45



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Masa kehamilan merupakan masa yang membahagiakan bagi seorang ibu. Pada masa tersebut seorang ibu akan selalu berharap yang terbaik untuk janin dalam kandungannya. Tidak jarang tiap melakukan pemeriksaan ke dokter atau bidan, ibu akan bertanya tanya kondisi janinnya.

“Pemantauan janin tentu saja tidak dapat dilakukan dengan kasat mata. Oleh karena itu, pemantauan dilakukan dengan mendengarkan detak jantung janin atau dengan melakukan USG. Untuk mendengarkan detak jantung pada janin, biasanya menggunakan *fetal doppler*. Bukan hanya memantau detak jantung janin keras atau lemah, tetapi juga dilihat perubahan iramanya terutama saat terjadi kontraksi rahim. Saat janin dalam keadaan *stress*, detak jantung yang tadinya berirama dan cepat bisa jadi tidak berirama dan melemah. Hal ini sangat dibutuhkan oleh seorang dokter atau bidan untuk melakukan tindakan terhadap janin. *Fetal doppler* hanya menggunakan teknik auskultasi tanpa teknik pencitraan seperti USG” (Alviansyah : 2013)

“Detak jantung janin merupakan petunjuk sensitif dari status janin, terutama karena berhubungan dengan kontraksi *uterus*. Normalnya detak jantung janin berkisar antara 120 dan 160 kali per menit. Peningkatan atau penurunan dengan tiba tiba, periode perpanjangan diatas atau dibawah normal, atau melambat setelah kontraksi menandakan *distress* janin” (Asih : 1995)

“*Distress* janin terjadi akibat gangguan sirkulasi darah menuju janin yang disebabkan oleh lilitan tali pusat yang semakin ketat, terjadi *solusio plasenta*, robekan tali pusat, dan simpul tali pusat semakin ketat. Sebagai gambaran, detak jantung janin (DJJ) diklasifikasikan sebagai takikardia berat jika diatas 180 *Beat Per Minute* (BPM), takikardia ringan (161-180 BPM), bradikardia ringan (100-119 BPM), bradikardia sedang (80-100 BPM), dan bradikardia berat (kurang dari 80 BPM). Detak jantung janin merupakan faktor yang paling dominan sebagai indikasi untuk segera melakukan persalinan. Hilangnya detak jantung janin berarti janin telah mati” [Manuaba : 2007]

Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak terobosan terobosan baru di bidang biomedika. Salah satunya yaitu perkembangan stetoskop. Dari yang awalnya hanya sebuah stetoskop akustik, terus menerus dikembangkan hingga ditemukan *fetal doppler* dan juga stetoskop elektronik.

Mengacu pada paper dengan judul “*An Electronic Stethoscope with Diagnosis Capability*” (Myint, Dillard: 2001) dapat disimpulkan kelebihan yang dimiliki oleh stetoskop ini yaitu dapat mendiagnosa adanya murmur pada jantung dengan proses ekstraksi pada detak jantung. Selain itu, pada paper yang sejenis dengan judul “Rekayasa Biomedik Terpadu untuk Mendeteksi Kelainan Jantung” (Cahyono dkk: 2008) juga membahas tentang diagnosa murmur jantung melalui penggabungan hasil fonokardiografi dan elektrokardiografi.

Pada paper “Rekayasa Stetoskop Elektronik dengan Kemampuan Analisis Bunyi Jantung” (Setiaji dkk: 2011) dijelaskan bahwa alat yang dibuat menggunakan *chestpiece* untuk mengubah bunyi yang ditangkap menjadi sinyal listrik. Alat ini juga mempunyai sarana putar ulang media (*multi-media card*). Kelemahannya selama proses pengukuran, responden harus bernafas halus agar suara deteksi jantung tidak terganggu oleh suara paru-paru. Paper “Analisa, Simulasi dan Rancang Bangun *Band Pass Filter* untuk *Fetal doppler* Menggunakan Pspice” (Kristyawati, Siswono: 2013) juga menjelaskan bahwa untuk memisahkan detak jantung janin dan ibu digunakan *Low Pass Filter* (LPF) dengan frekuensi *cut-off* sebesar 2-3Hz.

Pada paper “Stetoskop Elektronik Sederhana Berbasis PC dengan Fasilitas Pengolahan Sinyal Digital untuk Auskultasi Jantung dan Paru” [Rizal, Soegijoko : 2006] dijelaskan bahwa pengolahan sinyal digital untuk auskultasi jantung dan paru yaitu dengan menggunakan filter FIR (*Finite Impulse Respons*) dan IIR (*Infinite Impulse Respons*). Pada paper “Visualisasi Isyarat Detak Jantung Berbasis Komputer” (Suardi dkk: 2007) pemrograman menggunakan *Delphi* pada PC dapat menggambarkan isyarat jantung.

Dengan mengacu pada kelebihan-kelebihan yang dimiliki pada setiap paper, penulis ingin merancang *fetal doppler* yang digunakan untuk mendeteksi detak jantung bayi. *Fetal doppler* ini dirancang agar dapat menampilkan grafik

untuk mempermudah dokter atau bidan dalam melakukan tindakan persalinan terhadap adanya kelainan aritmia pada jantung janin.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian yang diusulkan dalam proposal ini ada beberapa hal yang menjadi rumusan masalah antara lain:

- a. Bagaimana rancang bangun sistem *fetal doppler*?
- b. Bagaimana rancang bangun sistem pengolahan sinyal digital pada *fetal doppler*?

## 1.3 Tujuan

Dalam penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan diantaranya :

- a. Untuk merancang sistem *fetal doppler*.
- b. Untuk merancang sistem pengolahan sinyal digital pada *fetal doppler*.

## 1.4 Batasan Masalah

Dari latar belakang di atas, agar pembahasan tidak terlalu luas maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

- a. Pemrograman dilakukan dengan aplikasi *Delphi XE 2*.
- b. Alat hanya digunakan untuk mendiagnosa, bukan untuk menentukan.
- c. Kelainan aritmia yang didiagnosa hanya bradikardia dan takikardia.
- d. *Database* yang digunakan Microsoft Access 2007
- e. *Mainboard fetal doppler* yang digunakan sudah dalam bentuk kit.
- f. Sensor yang digunakan *piezoelectric*.

## 1.5 Manfaat

Tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai bahan studi perbandingan dan pengembangan lebih lanjut mengenai perkembangan teknologi di bidang elektronika medis khususnya *fetal doppler*.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Studi Penelitian Terdahulu

Perkembangan teknologi di bidang mikroelektronika (mikrokontroler) akhir-akhir ini mengalami peningkatan yang cukup pesat. Teknologi-teknologi ini sudah merambah berbagai ilmu kehidupan dan sudah diaplikasikan ke semua kegiatan sehari-hari. Sehingga tidak heran jika teknologi ini (mikroelektronika) digabungkan menjadi suatu alat yang lebih berdaya guna dan memiliki berbagai manfaat.

Akhir-akhir ini berkembang pesat mengenai pengembangan alat-alat medis seperti stetoskop dan *fetal doppler*. Beberapa penelitian terkait dalam aplikasi ini, diantaranya: *An Electronic Stethoscope with Diagnosis Capability* (Myint, Dillard: 2001). Rekayasa Biomedik Terpadu untuk Mendeteksi Kelainan Jantung (Cahyono *et al*: 2008). Rekayasa Stetoskop Elektronik dengan Kemampuan Analisis Bunyi Jantung” (Setiaji *et al* : 2011). Analisa, Simulasi dan Rancang Bangun *Band Pass Filter* untuk *Fetal doppler* Menggunakan Pspice (Kristyawati, Siswono: 2013). Pada paper dengan judul “*An Electronic Stethoscope with Diagnosis Capability*” (Myint, Dillard: 2001) dijelaskan arti dari analisa bunyi jantung adalah sesuai dengan apa yang didengar. Sistem analisa data suara jantung dilakukan dengan memisahkan fungsi utama dari tanda detak jantung untuk menghasilkan kemungkinan diagnosa.

Pada paper “Rekayasa Biomedik Terpadu untuk Mendeteksi Kelainan Jantung” (Cahyono *et al*: 2008) telah dibuat alat fonokardiograf berbasis *Personal Computer* (PC) yang digabungkan dengan elektrokardiograf untuk mendeteksi bunyi jantung normal dan murmur jantung yang disebabkan oleh kelainan pada katup–katup jantung yang digambarkan melalui grafik. Penggabungan dengan elektrokardiograf untuk mengetahui periode sistol dan diastol dari siklus jantung sehingga jika ada murmur jantung dapat diketahui katup mana yang mengalami kelainan. Berdasar uji peralatan yang dibuat menunjukkan bahwa alat ini dapat merekam adanya murmur *stenosis aorta*. Peralatan ini juga dilengkapi dengan proses perekaman data sehingga memudahkan penganalisaan dalam identifikasi.

Paper “Rekayasa Stetoskop Elektronik dengan Kemampuan Analisis Bunyi Jantung” (Setiaji *et al* : 2011) dijelaskan bahwa stetoskop elektronik dibuat dengan menempatkan sebuah mikrofon kondenser di dalam pipa berongga stetoskop akustik untuk mengubah bunyi yang ditangkap oleh *chestpiece* menjadi sinyal listrik. Selanjutnya sinyal tersebut akan diperkuat, lalu dilewatkan pada filter jantung atau filter paru-paru untuk memperjelas bunyi yang lebih ingin didengar pada *headphone*. Dilakukan pula segmentasi untuk mengubah sinyal jantung menjadi pulsa-pulsa digital, sehingga durasi waktu fase sistolik dan diastolik dapat diukur oleh mikrokontroler.

Paper “Analisa, Simulasi dan Rancang Bangun *Band Pass Filter* untuk *Fetal doppler* Menggunakan Pspice” (Kristyawati, Siswono: 2013) dijelaskan untuk memisahkan frekuensi detak jantung bayi dengan frekuensi detak jantung ibu, digunakan bandpass filter. Dari hasil perhitungan kisaran detak jantung bayi dalam kandungan maka dapat diperoleh frekuensi detak 2–3 Hz. Untuk menyaring frekuensi tersebut digunakan *bandpass filter*. Dan untuk mengetahui rancangan terbaik maka dilakukan percobaan dengan menggunakan 2 jenis filter yaitu *bandpass filter butterworth* dan *bandpas filter chebyshev*. Kemudian hasil perhitungan secara teori akan disimulasikan menggunakan *PSPICE*

## 2.2 Detak Jantung Janin

Detak jantung janin (DJJ) merupakan petunjuk sensitif dari status janin, terutama detak jantung janin berhubungan dengan kontraksi *uterus*. Normalnya detak jantung janin berkisar antara 120 dan 160 kali per menit. Peningkatan atau penurunan dengan tiba-tiba, periode perpanjangan di atas atau di bawah normal, atau melambat setelah kontraksi menandakan *distress* janin. (Asih, 1995:148)

Kecepatan detak jantung janin dapat dihitung dengan alat. Dapat dimonitor baik *intermiten* maupun terus-menerus. Pengawasan secara *intermiten* dilakukan pada kehamilan resiko rendah dan detak jantung janin dihitung setiap 15 menit sekali selama persalinan kala I dan diperiksa setiap 5 menit pada kala II. Secara berkala sepanjang proses persalinan harus dihitung selama dua kontraksi yang kuat dan selama 3 menit penuh setelah yang kedua. Detak jantung janin harus

diperiksa selama, segera setelah, dan 10 menit setelah kejadian yang menyebabkan *stress*, seperti rupturnya *membran amnion* atau pemberian *anastesi spinal*. Waktu, kecepatan, posisi, dan keteraturan detak jantung janin dicatat pada kartu catatan ibu. (Asih, 1995:148)

Mendengarkan detak jantung janin dalam rahim dikenal dengan istilah auskultasi. Detak jantung janin dapat terdengar menggunakan alat setelah bulan ke-5 kehamilan. Detak jantung janin yang terdengar merupakan tanda pasti kehamilan. Lebih lanjut lagi berarti janin ada dalam rahim ibu atau masih hidup. Pada pemeriksaan auskultasi (Manuaba, 2007:233) yang ikut terdengar adalah:

- a. Dari Janin
  - 1) Bunyi detak jantung janin
  - 2) Gerak janin
  - 3) Bising tali pusat
- b. Dari Ibu
  - 1) Bising *arteri uterina*
  - 2) Bunyi *aorta abdominalis*
  - 3) Bunyi bising usus

Detak jantung janin (Manuaba, 2007:233) dikendalikan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

- a. *Pacemaker* yang terdapat pada atrium jantung
- b. Keseimbangan antara saraf *simpatis* dan *parasimpatis*
- c. *Baroreseptor* dan *kemoreseptor* yang terdapat pada *arteri karotis* janin. *Reseptor* tersebut sensitif terhadap perubahan tekanan parsial oksigen ( $PO_2$ ) janin
- d. Makin dewasa janin makin dominan pengaruh serabut saraf *simpatis*, yaitu *nervus vagus*

Pillai dan James 1990, mengemukakan bahwa dominannya *nervus vagus* dalam mengendalikan detak jantung janin ditunjukkan dengan efek menurunkannya, yaitu setiap minggu 1 detak jantung janin sampai bayi berumur 8 minggu. (Manuaba, 2007:233)

Detak jantung janin (Manuaba, 2007:233) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Takikardia berat : detak jantung janin di atas 180 BPM
- b. Takikardia ringan : detak jantung janin antara 161–180 BPM
- c. Normal : detak jantung janin antara 120–160 BPM
- d. Bradikardia ringan : detak jantung janin antara 100–119 BPM
- e. Bradikardia sedang : detak jantung janin antara 80–100 BPM
- f. Bradikardia berat : detak jantung janin kurang dari 80 BPM

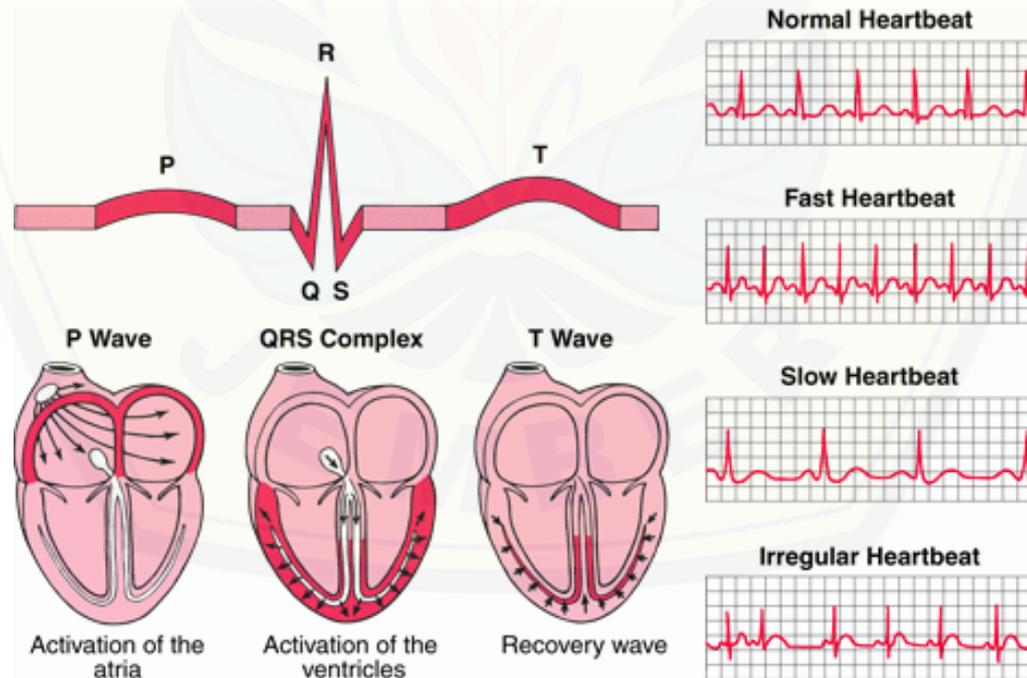
### 2.3 Teori Suara Jantung

Pendiagnosaan beberapa penyakit jantung dengan menggunakan suara yang ditimbulkan oleh detak jantung dan pemompaan darah sudah diterapkan di dunia medis sejak berabad-abad yang lalu. Teknik untuk mendengarkan suara yang dihasilkan oleh organ dan pembuluh darah dalam tubuh disebut auskultasi. Auskultasi bersifat subyektif, karena informasi yang diperoleh dengan mendengarkan suara jantung sangat tergantung pada kecakapan dan pengalaman dokter. Suara yang sama dapat diinterpretasikan berbeda oleh dokter yang berbeda (de Vos and Blanckenberg 2007).

Bunyi jantung adalah getaran dengan berbagai intensitas (kekerasan), frekuensi (tinggi nada) dan kualitas (warna suara). S1 menunjukkan mulainya *sistole* ventrikel dan S2 menunjukkan mulainya *diastole* ventrikel. S1 merupakan bunyi nada tinggi dari komponen mitral dan trikuspid dan disebabkan oleh pengencangan mendadak dari otot papilaris katup tersebut. Paling baik didengar pada bagian atas sternum kiri bawah. S2 merupakan bunyi nada tinggi yang terdiri atas komponen *aorta* dan *pulmonal*, dengan komponen aorta (A2) lebih kuat dan terjadi lebih awal dibandingkan *pulmonal*. (Gray *et al*, 2005:20-21)

Bunyi jantung yang didengar oleh dokter dengan menggunakan stetoskop sebenarnya terjadi pada saat penutupan katup jantung. Kejadian ini dapat menimbulkan anggapan yang salah bahwa suara tersebut disebabkan oleh penutupan daun katup jantung, tetapi sebenarnya disebabkan oleh efek arus pusar (*eddy*) di dalam darah akibat penutupan katup jantung.

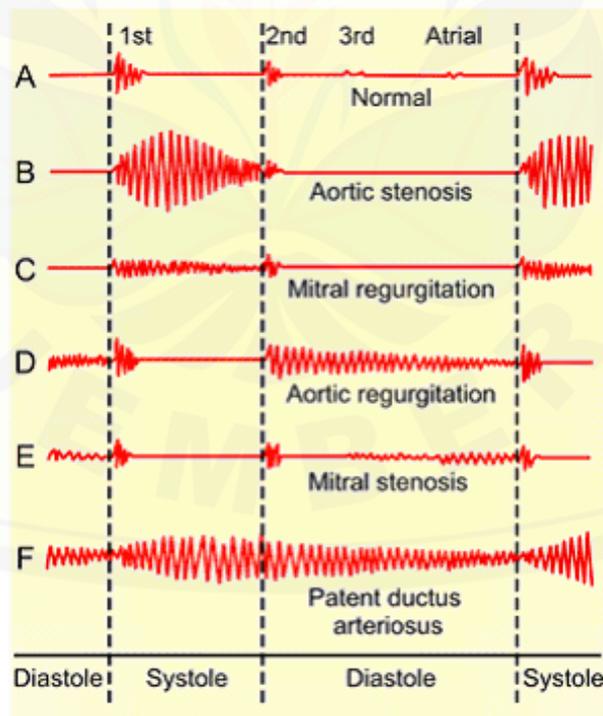
Detak jantung menghasilkan dua suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop, yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh penutupan katup *tricuspid* dan *mitral* (*atrioventrikular*) yang memungkinkan aliran darah dari *atria* (serambi jantung) ke *ventricle* (bilik jantung) dan mencegah aliran balik. Umumnya hal ini disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya kompleks QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum *systole* (periode jantung berkontraksi). Suara *dub* disebut suara jantung kedua (S2) dan disebabkan oleh penutupan katup *semilunar* (*aortic* dan *pulmonary*) yang membebaskan darah ke sistem sirkulasi paru-paru dan sistemik. Katup ini tertutup pada akhir *systole* dan sebelum katup *atrioventrikular* membuka kembali. Suara S2 ini terjadi hampir bersamaan dengan akhir gelombang T dari elektrokardiogram. Suara jantung ketiga (S3) sesuai dengan berhentinya pengisian *atrioventrikular*, sedangkan suara jantung keempat (S4) memiliki korelasi dengan kontraksi atrial, suara S4 ini memiliki amplitudo yang sangat rendah dan komponen frekuensi rendah (Suardi *et al*:2007).



Gambar 2.1 Ragam gelombang berbagai suara jantung  
(Suardi *et al*: 2007)

Kerusakan pada katup jantung biasanya akan menyebabkan suara abnormal jantung yang disebut *murmur* (Fried, Hademenos, 2006:216). *Murmur* disebabkan oleh pembukaan katup yang tidak sempurna atau *stenotic* (yang memaksa darah melewati bukaan sempit), atau oleh *regurgitasi* yang disebabkan oleh penutupan katup yang tidak sempurna dan mengakibatkan aliran balik darah (Donnerstein 1992).

Setiap kasus suara yang timbul adalah akibat aliran darah dengan kecepatan tinggi yang melewati bukaan sempit. Penyebab lain terjadinya *murmur* adalah adanya kebocoran *septum* yang memisahkan jantung bagian kiri dan kanan sehingga darah mengalir dari ventrikel kiri ke ventrikel kanan. Hal ini menyebabkan penyimpangan sirkulasi sistemik (Donnerstein 1992). Karena isyarat suara jantung memberikan informasi yang subyektif bagi dokter, maka perlu adanya metode yang dapat mengurangi subyektifitas tersebut dengan menggambarkan isyarat detak jantung yang terekam oleh stetoskop dan menampilkannya pada layar monitor komputer.



Gambar 2.2 Ragam gelombang suara jantung normal dan abnormal (Suardi *et al*: 2007)

## 2.4 Fetal Doppler

Prinsip doppler pertama kali diperkenalkan oleh Cristian Doppler dari Australia pada tahun 1842. Di bidang kedokteran penggunaan teknik doppler *ultrasound* pertama kali dilakukan oleh Shigeo Satomura dan Yosuhara Nimura untuk mengetahui pergerakan katup jantung pada tahun 1955. Kato dan Izumi pada tahun 1966 adalah yang pertama menggunakan osiloskop pada penggunaan doppler *ultrasound* sehingga pergerakan pembuluh darah dapat didokumentasikan.

Tahun 1968 H. Takemura dan Y. Ashitaka dari Jepang memperkenalkan penggunaan doppler *velocimetri* di bidang kebidanan dengan menggambarkan tentang spektrum doppler dari *arteri umbilikalis*. Sementara itu, di Barat penggunaan *velocimetri* doppler di bidang kebidanan baru dilakukan pada tahun 1977. Pada awal penggunaan doppler *ultrasound* difokuskan pada *arteri umbilikalis*, tetapi pada perkembangan selanjutnya banyak digunakan untuk pembuluh darah lainnya.

Sedangkan untuk *fetal doppler* sendiri diciptakan pada tahun 1958 oleh Dr. Edward H.Hon, yakni sebuah doppler monitor janin atau doppler monitor detak jantung janin dengan transduser genggam *ultrasound* yang digunakan untuk mendeteksi detak jantung dari janin. Edward menggunakan efek doppler untuk memberikan stimulasi terdengar dari detak jantung. Untuk perkembangan selanjutnya, alat ini menampilkan detak jantung janin per menit. Penggunaan alat ini dikenal sebagai auskultasi doppler.

Aplikasi klinis (Nyakgue : 2012) dari doppler yaitu:

- a. Mendeteksi dan mengukur kecepatan aliran darah dengan sel darah merah sebagai reflektor yang bergerak.
- b. Pada bidang kebidanan, fungsi alat ini dispesifikkan untuk menghitung jumlah dan menilai ritme detak jantung bayi.

Prinsip efek doppler ini sendiri yaitu ketika gelombang *ultrasound* ditransmisikan kearah sebuah reflektor *stationer*, gelombang yang dipantulkan memiliki frekuensi yang sama. Jadi, jika reflektor bergerak kearah *transmitter*, frekuensi yang dipantulkan akan lebih tinggi, sedangkan jika reflektor bergerak

menjauhi maka frekuensi yang dipantulkan akan lebih rendah. Perbedaan antara frekuensi yang ditransmisikan dan yang diterima sebanding dengan kecepatan bergerak reflektor menjauhi atau mendekati *transmitter*.

Fenomena ini dinamakan efek doppler dan perbedaan antar frekuensi tersebut dinamakan doppler *shift*. *Fetal doppler* hanya menggunakan teknik auskultasi tanpa teknik pencitraan seperti pada *velocimetri* doppler maupun USG. Pada *fetal doppler*, agar bisa menangkap suara detak jantung, transduser memancarkan gelombang suara ke arah jantung janin. Gelombang ini dipantulkan oleh jantung janin dan ditangkap kembali oleh transduser. Jadi, transduser berfungsi sebagai pengirim gelombang suara dan penerima kembali gelombang pantulnya (*echo*). Pantulan gelombang inilah yang diolah oleh *fetal doppler* menjadi sinyal suara. Sinyal suara ini selanjutnya diamplifikasikan. Hasil akhirnya berupa suara yang keluar dari mikrofon. Dengan alat ini energi listrik diubah menjadi energi suara yang kemudian energi suara yang dipantulkan akan diubah kembali menjadi energi listrik. Umumnya fetal Doppler menggunakan filter *low pass* dengan frekuensi 720 Hz dan filter *high pass* dengan frekuensi 115 Hz. (*Service Manual Book Huntleigh Healthcare: 2003*)

Fetal doppler memberikan informasi tentang janin mirip dengan yang disediakan oleh stetoskop janin. Keuntungan dari *fetal doppler* dibanding dengan stetoskop janin (murni akustik) adalah output audio elektronik, yang memungkinkan orang selain pengguna untuk mendengar detak jantung. *Fetal doppler* juga mempermudah seorang bidan dalam menghitung detak jantung janin tanpa harus berkonsentrasi penuh dalam menghitung detak jantung janin. (Nyakgue : 2012).

## 2.5 Filter

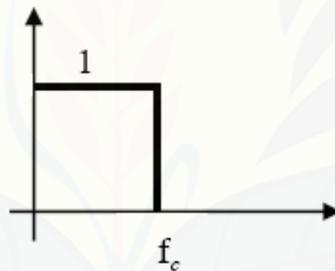
Filter merupakan suatu kelas rangkaian yang dirancang untuk memiliki selektivitas terhadap frekuensi yang spesifik. Suatu rangkaian filter akan melewatkan suatu sinyal dengan frekuensi–frekuensi tertentu dan memblok sinyal–sinyal lain dengan frekuensi yang lain. (Nahvi, Edminister, 2004:188)

Filter diklasifikasikan menjadi filter analog dan filter digital. Filter analog yaitu sinyal masukan berupa sinyal analog. Filter juga diklasifikasikan menjadi filter pasif dan filter aktif. Filter pasif yaitu filter yang hanya disusun dari komponen tahanan, induktor dan kapasitor. Filter aktif yaitu filter yang disusun komponen op-amp atau transistor ditambah tahanan, induktor, dan kapasitor. Filter digital yaitu sinyal masukan berupa sinyal diskrit yang dikelompokkan menjadi FIR (*Finite Impulse Response*) dan IIR (*Infinite Impulse Response*).

Filter menurut frekuensi yang disaring dibagi menjadi beberapa macam yaitu:

a. Filter *low pass*:

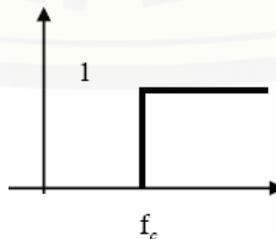
Filter yang tegangan keluarannya tetap sampai ke suatu frekuensi *cut off* ( $f_c$ ). Bersama naiknya frekuensi di atas  $f_c$ , tegangan keluarannya melemah/menghilang. Frekuensi *cut-off* /frekuensi 3 dB/frekuensi 0,707 .



Gambar 2.3 Filter *low pass*  
(Nurwati : Modul Pengolahan Sinyal Digital)

b. Filter *high pass*

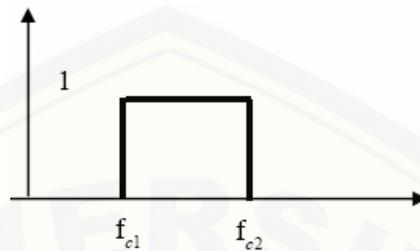
Filter yang memperlemah tegangan keluaran untuk frekuensi di bawah nilai frekuensi *cut-off*  $f_c$ . Di atas  $f_c$  besar tegangan keluaran tetap.



Gambar 2.4 Filter *high pass*  
(Nurwati : Modul Pengolahan Sinyal Digital)

c. Filter *band pass*

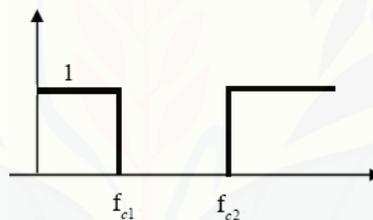
Filter yang hanya melewatkan sinyal keluaran yang berfrekuensi tertentu (yang dititikberatkan di 1 nilai  $f_c$ ) dan melemahkan tegangan sinyal keluaran semua frekuensi selain frekuensi tertentu.



Gambar 2.5 Filter *band pass*  
(Nurwati : Modul Pengolahan Sinyal Digital)

d. Filter *band elimination*

Filter yang menyaring/melemahkan tegangan sinyal keluaran yang memiliki suatu nilai frekuensi tertentu dan meloloskan sinyal keluaran yang lain.



Gambar 2.6 Filter *band elimination*  
(Nurwati : Modul Pengolahan Sinyal Digital)

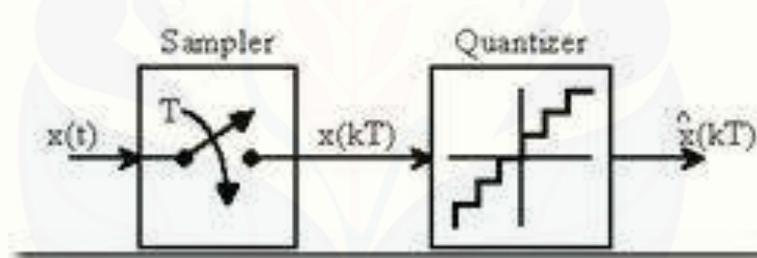
## 2.6 Pengolahan Sinyal Digital

DSP (*Digital Signal Processor*) merupakan suatu rangkaian terintegrasi yang menyerupai mikroprosesor, tetapi arsitekturnya memiliki spesialisasi untuk melakukan pemrosesan data diskrit dengan kecepatan tinggi seperti proses penyaringan dan *fast fourier transform*. Kelebihan itulah yang membuat DSP lebih baik dari mikrokomputer ataupun mikrokontroler dalam hal memproses sinyal.

DSP (*Digital Signal Processor*) digunakan untuk mengkonversikan bentuk analog suara menjadi sinyal–sinyal digital, dan untuk melakukan proses yang sebaliknya di terminal penerima. Proses ini didasarkan pada aturan–aturan yang

didefinisikan dengan CODEC (*Coder–Decoder*). Piranti DSP umumnya berbentuk sebuah chip yang dipasang di dalam sebuah perangkat seperti pesawat telepon atau *gateway*. (Hardiansyah, 2004:32)

Dalam pemrosesan data oleh DSP mula–mula data yang berupa sinyal analog diubah menjadi sinyal elektronik oleh transduser (*microphone*) kemudian dilakukan proses pencuplikan sinyal masukan yang berupa sinyal kontinu. Proses ini mengubah representasi sinyal yang tadinya berupa sinyal kontinu menjadi sinyal diskrit. Proses ini dilakukan oleh suatu unit ADC (*Analog to Digital Converter*). Unit ADC ini terdiri dari sebuah bagian *Sample/Hold* dan sebuah bagian cacah. Unit *sample/hold* merupakan bagian yang melakukan pencuplikan orde ke-0, yang berarti nilai masukan selama kurun waktu  $T$  dianggap memiliki nilai yang sama. Pencuplikan dilakukan setiap satu satuan waktu yang lazim disebut sebagai waktu cuplik (*sampling time*). Bagian cacah akan merubah menjadi beberapa tingkat nilai.



Gambar 2.7 *Sampling dan quantizing*  
(<http://pradinipus.wordpress.com/2011/05/06/232>)

Sinyal input asli yang tadinya berupa sinyal kontinu,  $x(T)$  akan dicuplik dan dicacah sehingga berubah menjadi sinyal diskrit  $x(kT)$ . Dalam representasi yang baru inilah sinyal diolah. Keuntungan dari metode ini adalah pengolahan menjadi mudah dan dapat memanfaatkan program sebagai pengolahnya. Dalam proses sampling ini diasumsikan kita menggunakan waktu cuplik yang sama dan konstan, yaitu  $T_s$ . Parameter cuplik ini menentukan dari frekuensi harmonis tertinggi dari sinyal yang masih dapat ditangkap oleh proses cuplik ini. Frekuensi sampling minimal adalah 2 kali dari frekuensi harmonis dari sinyal.

Untuk mengurangi kesalahan cuplik maka lazimnya digunakan filter anti-aliasing sebelum dilakukan proses pencuplikan. Filter ini digunakan untuk meyakinkan bahwa komponen sinyal yang dicuplik adalah benar-benar yang kurang dari batas tersebut. Sebagai ilustrasi, proses pencuplikan suatu sinyal digambarkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.8 Perubahan dari sinyal kontinu ke sinyal diskrit  
(<http://pradinipus.wordpress.com/2011/05/06/232/>)

Setelah sinyal diubah representasinya menjadi deretan data diskrit, selanjutnya data ini dapat diolah oleh prosesor menggunakan suatu algoritma pemrosesan yang diimplementasikan dalam program. Hasil dari pemrosesan akan dilewatkan ke suatu DAC (*Digital to Analog Converter*) dan LPF (*Low Pass Filter*) untuk dapat diubah menjadi sinyal kontinu kembali. Secara garis besar, blok diagram dari suatu pengolahan sinyal digital adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Blok diagram sistem pemrosesan sinyal pada DSP  
(<http://pradinipus.wordpress.com/2011/05/06/232/>)

*Chip–chip* DSP memiliki arsitektur khusus yang lazim dikenal dengan arsitektur Harvard, yang memisahkan antara jalur data dan jalur kode. Arsitektur ini memberikan keuntungan yaitu adanya kemampuan untuk mengolah perhitungan matematis dengan cepat, misal dalam satu siklus dapat melakukan

suatu perkalian *matrix*. Untuk *chip–chip* DSP, instruksi yang digunakan berbeda pula. Lazimnya mereka memiliki suatu instruksi yang sangat membantu dalam perhitungan *matrix*, yaitu perkalian dan penjumlahan dilakukan dalam siklus (bandingkan dengan  $80\times 86$ , proses penjumlahan saja dilakukan lebih dari 1 siklus mesin).

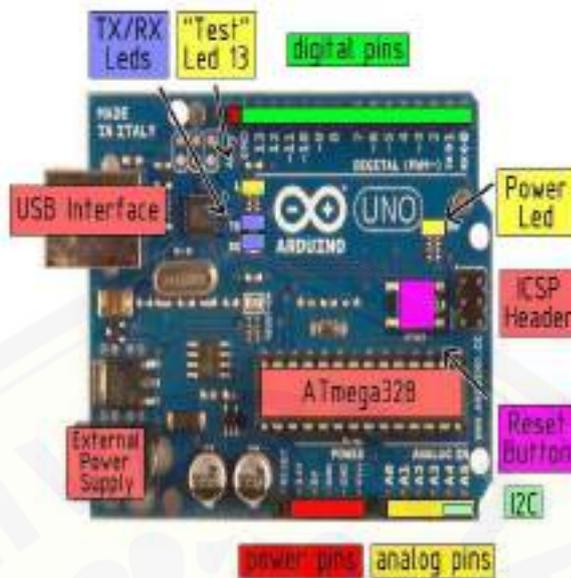
Sebenarnya perhitungan yang dilakukan untuk *chip* jenis DSP ini tidak terlalu kompleks. Namun *volume* data yang diolahnya sangat besar dan bekerja terus menerus mengingat data yang diolah tersebut adalah berupa data *streaming*, atau selalu mengalir melewati *chip* tersebut, sehingga *general purpose processor* sering tidak mampu untuk melakukannya.

Anggaplah prosesor ini dapat mengerjakan beragam pekerjaan, namun hanya untuk aplikasi tertentu. Karena strukturnya yang sangat sederhana, maka tentu saja *chip* ini dapat menterjemahkan pekerjaannya dengan kecepatan tinggi.

## 2.7 Arduino UNO

Arduino Uno adalah kit elektronik atau papan rangkaian elektronik *open source* yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah *chip* mikrokontroler dengan jenis AVR dari perusahaan Atmel. Arduino adalah sebuah *board* mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 analog *input*, *crystal osilator* 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol *reset*. Arduino mampu *men-support* mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB. (Barret, 2012).

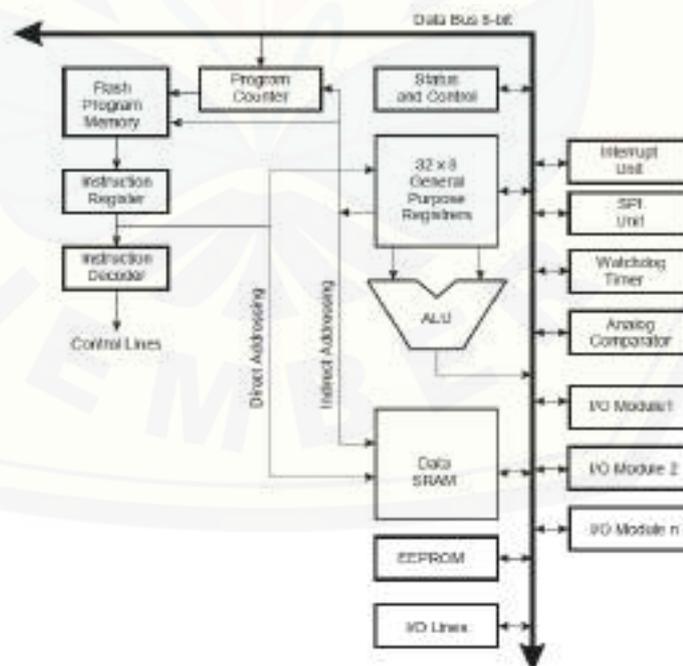
Pada gambar terdapat 14 pin *output/input* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM, 6 analog *input*, Kristal osilator 16 MHz dan tombol *reset*. Arduino tersebut digunakan sebagai *chip* mikrokontroler328, sebagai pengendali gerakan motor DC.



Gambar 2.10 Arduino uno  
(Sumber : <http://www.electronicsforu.com/tag/arduino>)

### 2.7.1 Diagram Blok dan Fungsi PIN pada Kit Arduino

Berikut gambar 2.11 adalah bentuk diagram blok dari kit arduino:



Gambar 2.11 Diagram blok kit arduino  
(Sumber : <http://www.electronicsforu.com/tag/arduino>)

Fungsi PIN pada kit Arduino uno adalah sebagai berikut:

a. PIN Power

Arduino dapat diberikan power melalui koneksi USB atau *power supply*. PIN power terdapat pada kaki 1 sampai kaki 6. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan menyambungkan *jack* adaptor pada koneksi port *input supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt. (Barret, 2012).

b. Memori

ATmega328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM. *Input* dan *Output* Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. *Input/output* dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maksimal 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (*disconnected* oleh *default*) 20- 50 KOhms.

Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

- 1) Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB FTDI ke TTL *chip* serial.
- 2) Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada *low value*, *rising* atau *falling edge*, atau perubahan nilai.
- 3) PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit *output* PWM dengan fungsi *analogWrite()*.
- 4) LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

c. Konektor USB

Konektor USB adalah soket untuk kabel USB yang disambungkan ke komputer atau laptop. Berfungsi untuk mengirimkan program ke Arduino dan juga sebagai *port* komunikasi serial.

d. *Input / Output* Digital

*Input/Output* Digital atau digital pin adalah pin-pin untuk menghubungkan Arduino dengan komponen atau rangkaian digital. *Input/Output* digital pada KIT arduino terdapat pada kaki 1 sampai kaki 13. Misalnya kalau ingin membuat LED berkedip, LED tersebut bisa dipasang pada salah satu pin I/O digital dan ground. Komponen lain yang menghasilkan *output* digital atau menerima *input* digital bisa disambungkan ke pin-pin ini.

e. *Input* Analog

*Input* Analog atau analog pin adalah pin-pin yang berfungsi untuk menerima sinyal dari komponen atau rangkaian analog. Misalnya dari potensiometer, sensor suhu, sensor cahaya, dsb.

f. Baterai / Adaptor

Soket baterai atau adaptor digunakan untuk menyuplai Arduino dengan tegangan dari baterai/adaptor 9V pada saat Arduino sedang tidak disambungkan ke komputer. Kalau Arduino sedang disambungkan ke komputer melalui USB, Arduino mendapatkan suplai tegangan dari USB, jadi tidak perlu memasang baterai/adaptor saat memprogram Arduino.

### 2.7.2 Mikrokontroler ATmega328

Mikrokontroler merupakan sebuah prosesor yang digunakan untuk kepentingan kontrol. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan *computer mainframe*, mikrokontroler dibangun dari elemen–elemen dasar yang sama. Seperti umumnya komputer, mikrokontroler adalah alat yang mengerjakan instruksi – instruksi yang diberikan kepadanya. Artinya, bagian terpenting dan utama dari suatu sistem terkomputerisasi adalah program itu sendiri yang dibuat oleh seorang programmer. Program ini menginstruksikan komputer untuk melakukan tugas yang lebih kompleks yang

diinginkan oleh programmer. ATmega328 adalah mikrokontroler keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Mikrokontroler ini memiliki beberapa fitur antara lain :

- a. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- b. 32 x 8-bit register serba guna.
- c. Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 MHz.
- d. 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
- e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanen karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.

Mikrokontroler ATmega 328 memiliki arsitektur *hardware*, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan kerja dan *parallelism*. Instruksi – instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. Ketiga register pointer 16-bit ini disebut dengan register X (gabungan R26 dan R27), register Y (gabungan R28 dan R29), dan register Z (gabungan R30 dan R31). (Barret, 2012).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam skripsi ini adalah penelitian kuantitatif karena data yang dianalisis adalah data numerik atau data angka yang diperoleh dari proses penghitungan detak jantung janin. Sedangkan berdasarkan sumbernya, data yang digunakan adalah data primer karena data diperoleh bukan melalui data yang sudah ada, namun melalui observasi dan penghitungan langsung oleh peneliti.

### 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Terapan, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik. Kalibrasi dan pengujian alat dilakukan di posyandu Aster 94, Aster 104, dan Alamanda 50. Waktu penelitian dilaksanakan selama kurang lebih 11 bulan yaitu dari bulan Desember 2014 sampai bulan November 2015.

### 3.3 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Hardware

1. Sensor *Piezoelectric*
2. Arduino UNO
3. *Power Supply*
4. LCD
5. *Transceiver Unit Kit*
6. *Mainboard fetal doppler*
7. *Ultrasonic Gel*
8. *Speaker*

#### 3.3.2 Software

1. Delphi XE 2
2. Arduino

### 3.4 Tahap Penelitian

Dalam pembuatan *fetal doppler* ini dibutuhkan langkah-langkah perancangan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Tahap awal dari penelitian ini mencari literatur dari hasil penelitian sebelumnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bias memberikan keyakinan bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dan memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Pembelian bahan pembuatan

Tahap kedua adalah pembelian material pendukung dalam pembuatan *fetal doppler*. Pembelian ini meliputi alat dan komponen pendukung dalam pembuatan *fetal doppler*.

3. Pengerjaan alat baik mekanik dan rangkaian

Tahap ketiga adalah proses pengerjaan dimana alat dan bahan yang telah dibeli digunakan untuk membangun sistem mekanik dan komponen untuk pembuatan rangkaian *fetal doppler*.

4. Perencanaan alat

Tahap keempat merupakan penggabungan dari mekanik dan rangkaian yang telah dibuat. Proses ini meliputi penempatan dan penggunaan alat sewaktu bekerja. Dalam tahap ini ketelitian dalam perhitungan dan penempatan letak rangkaian sangat menentukan dalam proses pencarian data saat pendeteksi bekerja.

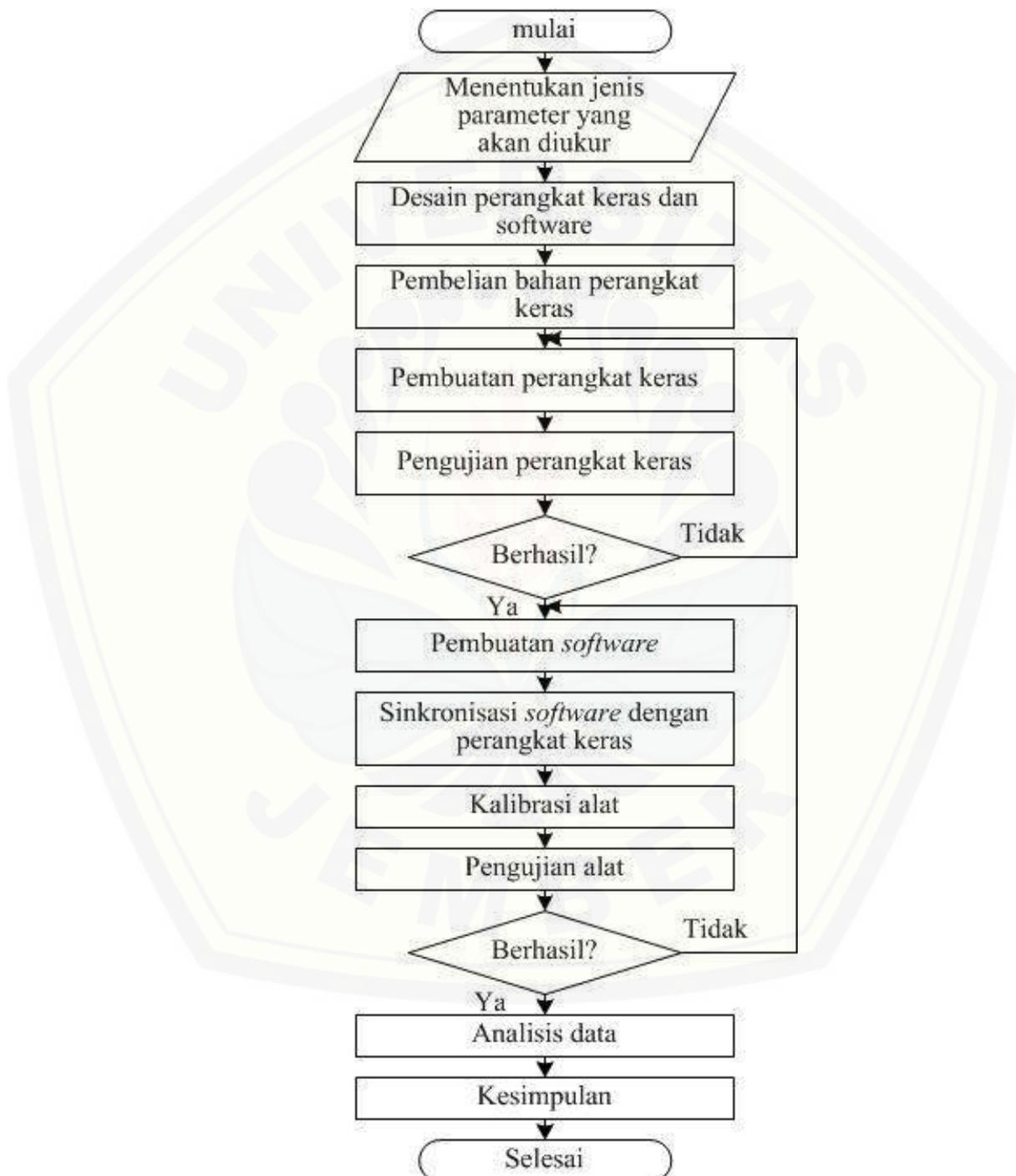
5. Pengujian alat

Tahap kelima adalah pengujian alat diharapkan dengan adanya tahap ini fungsi kerja baik mekanik dan rangkaian yang telah dibuat sudah masuk dan sesuai dengan target yang diharapkan. Sehingga nantinya alat yang telah dibuat dapat bekerja secara maksimal.

6. Pengujian alat dan analisis hasil

Menguji sistem sistem yang telah terintegrasi secara menyeluruh lebih dahulu, selanjutnya menganalisis data yang didapatkan pada saat pengujian. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil dari pengukuran secara

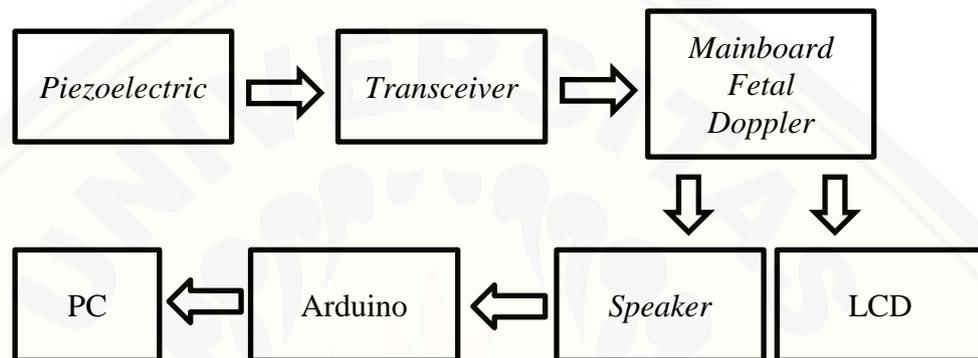
manual menggunakan *fonondoscope* dan *fetal doppler* yang telah dimodifikasi. Kesesuaian dari kedua alat tersebut akan dijadikan bahan analisis, apabila terjadi kesalahan diharapkan peralatan yang telah dirancang mendapatkan perbaikan melalui analisis yang telah dilakukan.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian *fetal doppler*

### 3.5 Blok Diagram

Dalam suatu perancangan alat dibutuhkan blok diagram alat sebagai kerangka pikir perancang mengenai alat tersebut. Hal ini bertujuan agar perancangan yang dilakukan berjalan sistematis. Oleh karena itu, penulis merancang blok diagram sebagai kerangka pikir penulis. Berikut merupakan blok alat *fetal doppler*.



Gambar 3.2 Blok diagram *fetal doppler*

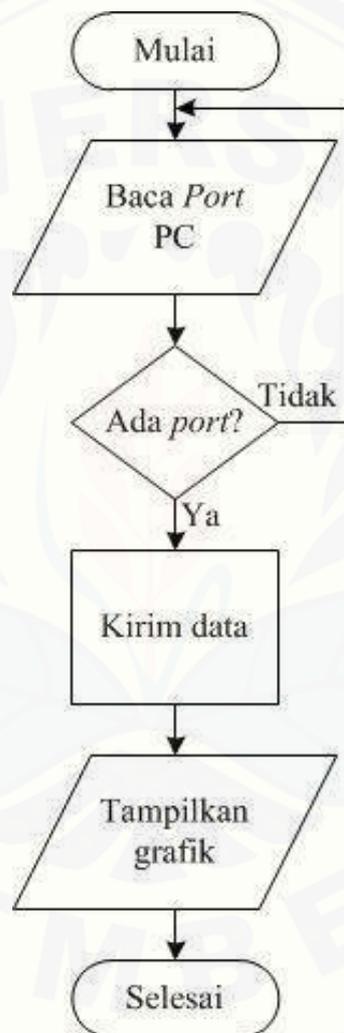
Dari diagram blok kerja alat dapat dilihat cara kerja *fetal doppler* secara keseluruhan yaitu gelombang suara detak jantung janin akan ditangkap oleh sensor *piezoelectric* dengan bantuan *ultrasonic gel*. Kemudian gelombang suara akan diteruskan oleh *transceiver unit* dan diubah menjadi gelombang listrik. Gelombang listrik ini akan dikirim ke *mainboard fetal doppler*. Didalam *mainboard fetal doppler* terdapat rangkaian amplifier yang berguna untuk memperkuat gelombang yang diterima. Selain itu juga terdapat rangkaian filter yang berfungsi untuk menyaring *noise* yang muncul.

Kemudian hasil dari penghitungan detak jantung akan ditampilkan pada LCD dan diperkeras melalui *speaker*. *Output* dari *speaker* dikirim ke arduino agar dapat diolah pada *personal computer* (PC). Data yang dikirim diambil dari *speaker* karena data dari LCD dilindungi oleh perusahaan pembuat. Pada *personal computer* (PC) akan ditampilkan grafik yang menggambarkan pemfilteran sinyal hingga didapatkan grafik sinyal detak jantung janin dalam keadaan normal, bradikardia, atau takikardia.

### 3.6 Perancangan Software

Diagram alir program utama merupakan diagram yang menjelaskan proses perancangan program yang akan dibuat. Setelah data ADC dari sensor *piezoelectric* terbaca, dibutuhkan pengolahan data melalui arduino. Data yang masuk ke arduino itu akan dikirimkan pada *personal computer* (PC).

Berikut ini adalah diagram alir perancangan software pada Delphi XE 2.

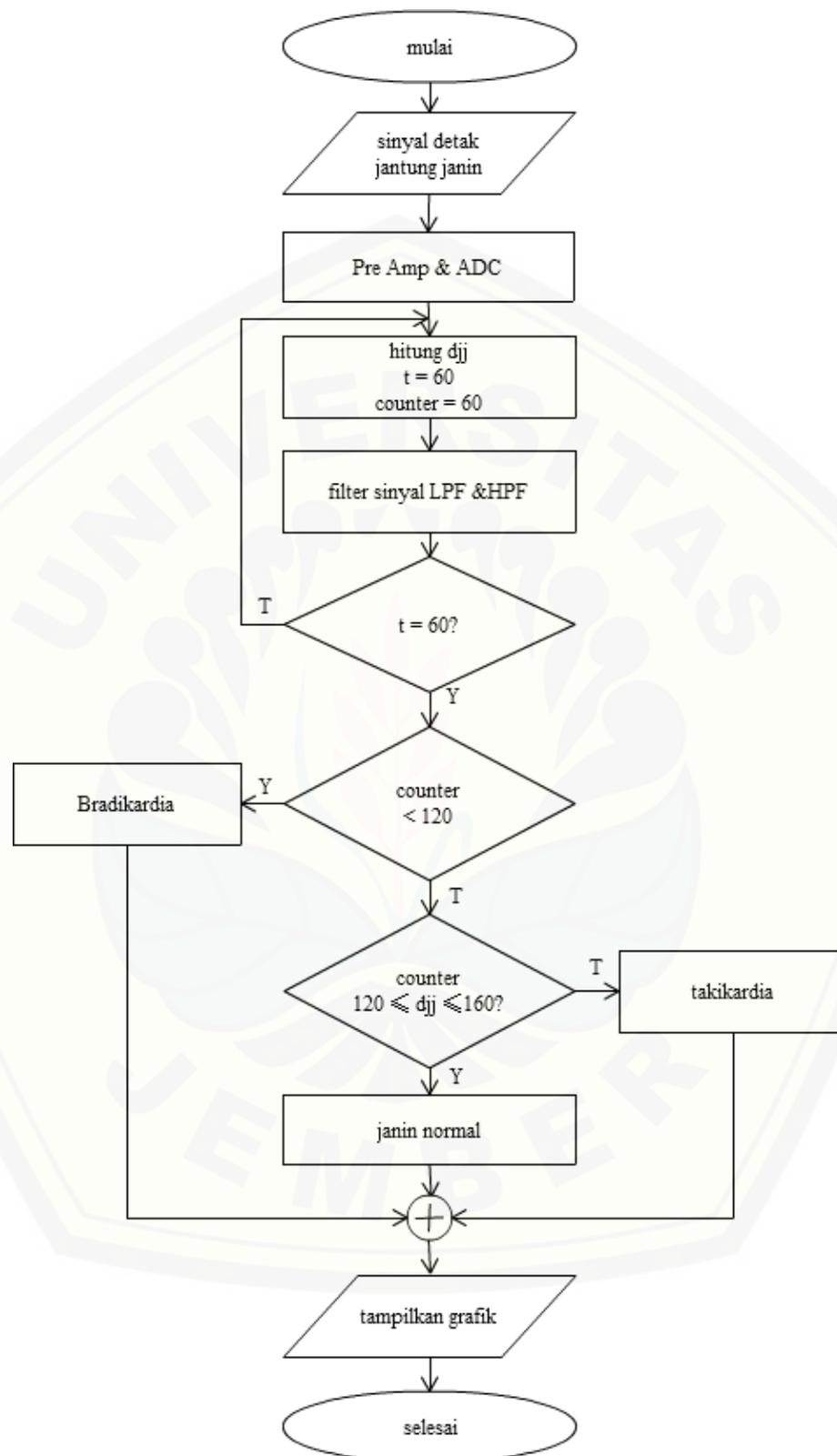


Gambar 3.3 Diagram alir pengiriman data dari arduino ke Delphi XE 2

Dari diagram alir diatas dapat diketahui tahap awal dari pengiriman data dari arduino ke Delphi XE 2 adalah pendeteksian *port* USB arduino yang dihubungkan pada *personal computer* (PC). Setelah program mendeteksi adanya *port* yang terhubung, pengguna dapat mulai mengirim data dari arduino ke

program utama. Data yang diterima oleh program akan dibentuk menjadi grafik yang dapat dijadikan rekam medik bagi tenaga kesehatan. Setelah data yang dikirim cukup, pengguna dapat menghentikan pengiriman data dan proses selesai.

Pada algoritma pemrograman delphi, diawali dengan perintah mulai dan dilanjutkan dengan proses penangkapan sinyal detak jantung janin. Kemudian, sinyal detak jantung janin yang telah ditangkap akan dikuat oleh amplifier. Penguatan ini bertujuan agar sinyal yang ditangkap lebih jelas sehingga mudah untuk dilakukan analisa pada sinyal tersebut. Sinyal detak jantung janin juga akan didigitalisasi agar dapat diproses pada mikrokontroler. Proses penghitungan detak jantung janin akan dilakukan oleh *counter* dengan waktu penghitungan *counter* selama 60 detik. Selain itu, akan dilakukan juga pemfilteran pada sinyal detak jantung janin menggunakan filter *high pass* dan *low pass* untuk menghilangkan *noise* yang ada. Banyaknya *counter* yang didapatkan selama 60 detik akan dijadikan sebagai diagnosa untuk kondisi jantung janin. Apabila saat proses penghitungan detak jantung janin waktunya kurang atau lebih dari 60 detik, maka akan dilakukan penghitungan detak jantung janin lagi sampai waktu yang digunakan sama dengan 60 detik. Apabila waktu yang ditentukan telah dicapai, maka hasil penghitungan *counter* akan dianalisa. Apabila dalam waktu 60 detik nilai *counter* di bawah 120 detak, maka didiagnosa jantung janin mengalami bradikardia. Setelah itu, akan ditampilkan grafik dari bradikardia dan proses selesai. Namun jika tidak, maka akan dilakukan proses terhadap hasil penghitungan *counter*. Apabila dalam waktu 60 detik *counter* mendapatkan nilai lebih besar sama dengan 120 detak atau kurang dari 160 detak, maka didiagnosa jantung janin dalam keadaan normal. Setelah itu, akan ditampilkan grafik jantung janin dalam keadaan normal dan proses selesai. Namun apabila nilai *counter* tidak berada pada nilai lebih besar sama dengan 120 detak atau kurang dari 160 detak, maka didiagnosa jantung janin mengalami takikardia. Setelah itu, akan ditampilkan grafik jantung janin yang mengalami takikardia dan proses selesai.

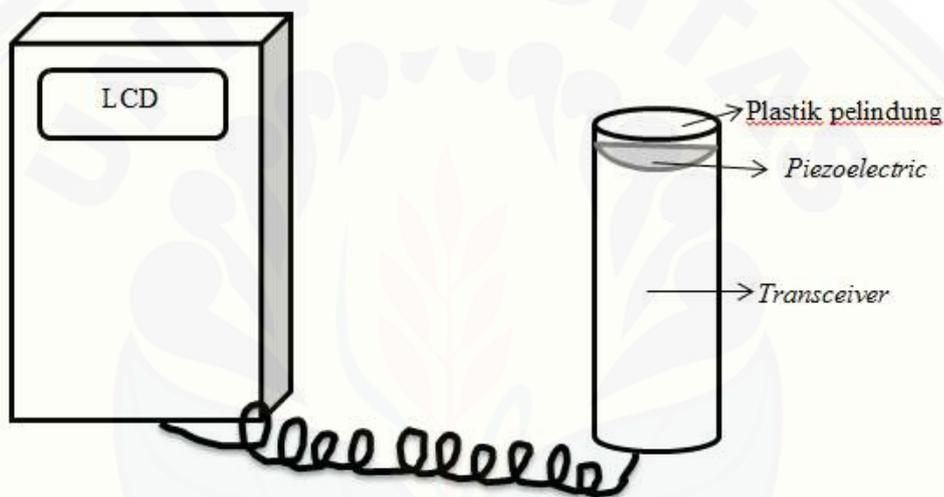


Gambar 3.4 Algoritma pemrograman Delphi

### 3.7 Desain Mekanik

#### 3.7.1 Rancang Sistem Mekanik

Mekanik alat dirancang untuk mempermudah dokter dalam menganalisis detak jantung janin pada pasien yang ditampilkan melalui LCD, didukung dengan grafik, dan dapat didengar dari *speaker* oleh dokter maupun pasien. *Piezoelectric* yang telah dilindungi dengan plastik dan diberi tambahan *ultrasonic gel* agar *piezoelectric* lebih sensitif. Gelombang suara yang ditangkap oleh *piezoelectric* diterima oleh *transceiver unit* dan dikirim ke *mainboard fetal doppler*.

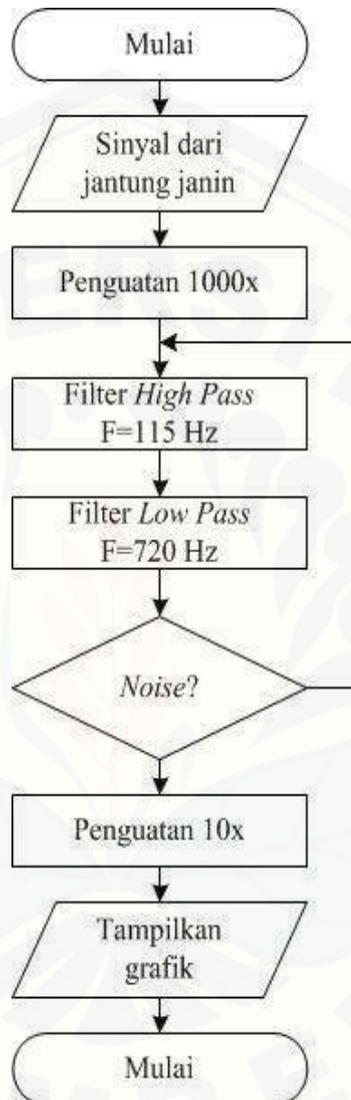


Gambar 3.5 Rancang sistem mekanik

#### 3.7.2 Pengolahan Sinyal pada *Mainboard*

Untuk diagram alir pengolahan sinyal, diawali dengan perintah mulai kemudian menangkap sinyal detak jantung janin. Sinyal detak jantung yang telah ditangkap dikuatkan terlebih dahulu. Penguatan yang diberikan pada sinyal detak jantung janin yaitu sebesar 1000 kali. Penguatan ini berdasarkan penguatan yang digunakan pada elektrokardiograf (ECG). Kemudian dilakukan pemfilteran untuk menghilangkan *noise* sampai detak jantung janin murni didapatkan. Pemfilteran pertama yaitu dengan menggunakan filter *high pass* dengan frekuensi sebesar 115 Hz. Pemfilteran berikutnya yaitu dengan menggunakan filter *low pass* dengan frekuensi sebesar 750 Hz. Setelah itu, sinyal detak jantung janin murni akan

dikuatkan lagi untuk mempermudah proses analisa. Penguatan yang diberikan saat ini yaitu sebesar 10 kali. Kemudian hasilnya akan ditampilkan pada grafik dan proses selesai.

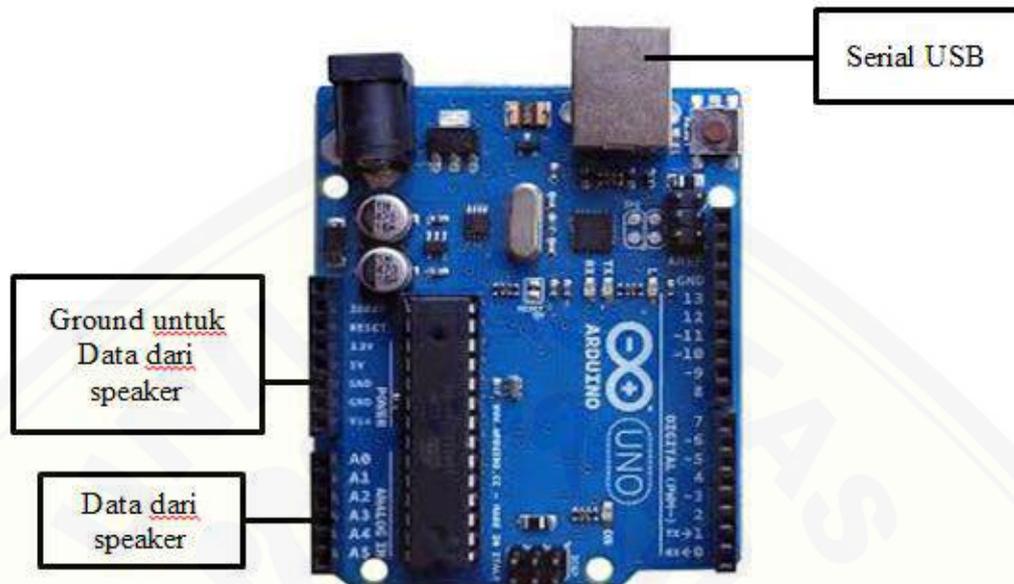


Gambar 3.6 Diagram alir pengolahan sinyal dari detak jantung janin

### 3.7.3 Pengiriman Data dari *Mainboard* ke Arduino

Pada gambar rangkaian elektronika diatas dapat dilihat bahwa arduino dipakai sebagai media transfer data yang ditangkap oleh sensor *piezoelectric* yang telah difilter didalam *mainboard fetal doppler*. Output dari speaker dihubungkan pada pin A3 dan ground sebagai hasil dari pembacaan sensor *piezoelectric*.

Kemudian *port* USB dihubungkan dengan PC menggunakan serial USB untuk disinkronisasikan dengan *software* yang telah dirancang.



Gambar 3.7 Pengiriman data dari arduino ke *mainboard*