



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN PENGHITUNG KECEPATAN  
DAN DEBIT DARAH MANUSIA DENGAN  
MENGUNAKAN EFEK DOPPLER**

**SKRIPSI**

**MUHAMAD GORIAN  
06 06 07 4155**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN PENGHITUNG KECEPATAN DAN  
DEBIT DARAH MANUSIA DENGAN MENGGUNAKAN  
EFEK DOPPLER**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

**SKRIPSI**

**MUHAMAD GORIAN  
06 06 07 4155**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Muhamad Gorian**

**NPM : 06 06 07 4155**

**Tanda Tangan :** 

**Tanggal : 15 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhamad Gorian

NPM : 0606074155


Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Rancang Bangun Penghitung Kecepatan dan Debit Darah Manusia dengan Menggunakan EFEK Doppler


Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Sarjana Reguler Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Arman D. Diponegoro

(  )

Penguji I : Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc., Ph.D

(  )

Penguji II : Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo DEA

(  )

Ditetapkan di : Depok

Bulan/Tahun : Juni/2011

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah Rabbil Alamin.* Segala Puji hanya bagi Allah Subhana Wa Ta'ala yang telah memberikan pemahaman dan petunjuk kepada hamba-Nya yang dikehendaki-Nya sehingga penulis mendapat kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulisan skripsi ini ditujukan sebagai salah satu prasyarat untuk mendapat gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan syukur dan terima kasih kepada:

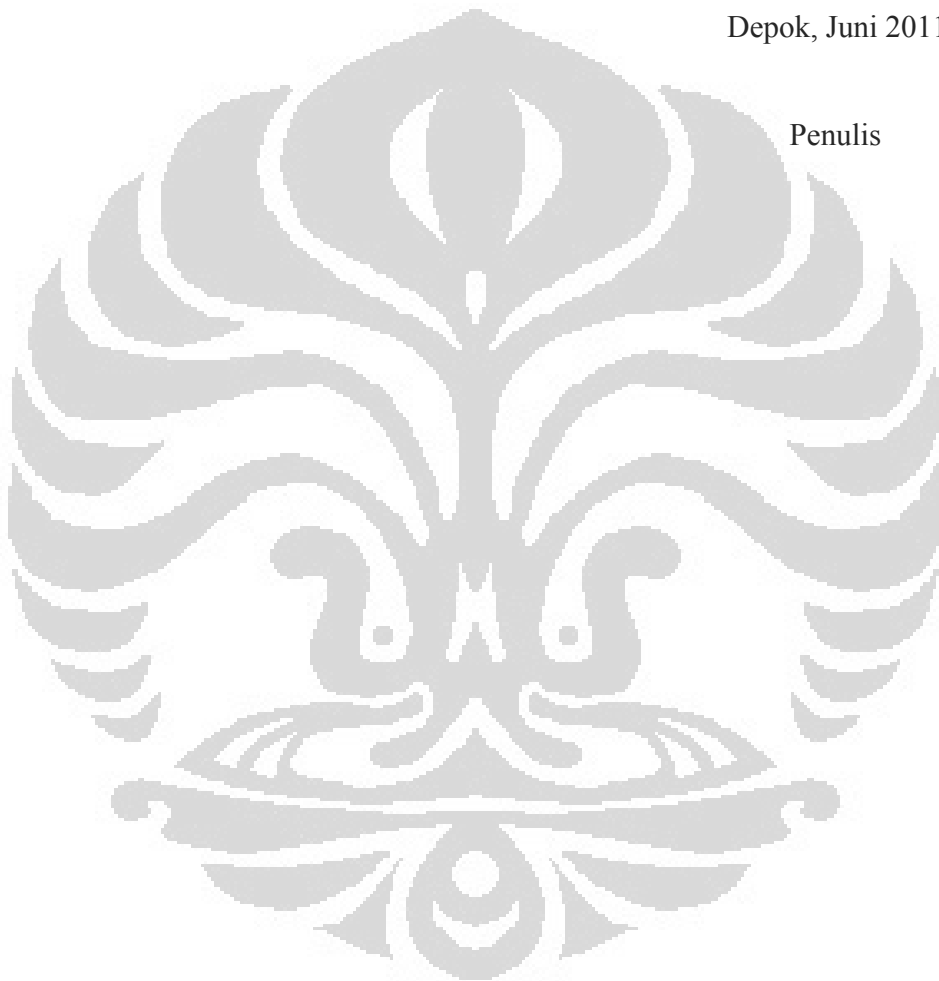
1. Dr. Ir. Arman D. Diponegoro, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan waktu, tenaga, arahan, masukan, saran, serta bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
2. kepada Ayahku, Darwin Simamora, dan Ibuku, Rosima Siregar, yang telah memberi dukungan dan memberikan do'a selama penulisan skripsi ini serta tante Elly dan juga saudara-saudara yang tak dapat saya sebutkan satu-persatu yang selalu memberikanku semangat.
3. Rakor SALAM UI X3 yang banyak memberikanku do'a dan juga motivasi kepada saya. Yang selalu mengingatkan bahwa kita akan lulus bersama, Insha Allah.
4. Teman Seperjuangan saya, Syukron Zahri, yang satu bimbingan dan juga selalu bersama-sama dalam kesehariannya.
5. Teguh Firmansyah yang telah memberikan saya banyak bantuan mulai dari ilmu, motivasi, bahkan tempat kostnya yang disediakan untuk saya dan teman saya tempati dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima Kasih.
6. Muhammad Nanda Nur Ibrahim yang telah banyak memberikan saya motivasi dan konsultasi rangkaian.
7. Boma Anastasia Ardi yang telah membantu saya dalam pembuatan program.
8. teman-teman Elektro 2006 yang juga selalu memberikan dorongan.

9. seluruh sivitas akademik Departemen Teknik Elektro yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu

Akhir kata, saya berharap Allah Subhana Wa Ta'ala berkenan membalas segala kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juni 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Muhamad Gorian

NPM : 0606074155

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**Rancang Bangun Penghitung Kecepatan dan Debit Darah Manusia dengan  
Menggunakan Efek Doppler**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya dengan tetap mencantumkan saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 15 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Muhamad Gorian)

## ABSTRAK

Nama : Muhamad Gorian  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Rancang Bangun Penghitung Kecepatan dan Debit Darah Manusia dengan Menggunakan Efek Doppler

Darah merupakan bagian yang tak dapat dipisahkan dalam kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, seseorang yang sedang sakit pun tak kan lepas dari hubungannya dengan darah. Pendiagnosaan darah pun menjadi sangat penting dalam mendeteksi penyakit yang ada pada penderita. Namun, sampai saat iniendiagnosaan baru bisa dilakukan di rumah sakit saja. Ditambah prosedurnya yang memakan waktu tidak sebentar. Oleh karena itu, skripsi ini dibuat agar dapat menjadi solusi yang efisien bagi permasalahan tersebut.

Efek Doppler merupakan peristiwa mengenai frekuensi yang didengar oleh penerima. Skripsi ini pun berusaha menerapkan efek Doppler sebagai prinsip utama. Skripsi ini menggunakan fetal Doppler sebagai pencipta efek Doppler. Fetal Doppler ini pun mengeluarkan sinyal tegangan yang akan disaring oleh filter. Kemudian, pada akhirnya sinyal itu akan dideteksi sebepa besar frekuensi yang ia punya, mengolahnya, dan menampilkannya sebagai representasi kecepatan dan debit sel darah merah.

Kata Kunci : Doppler, Filter, Mikrokontroller



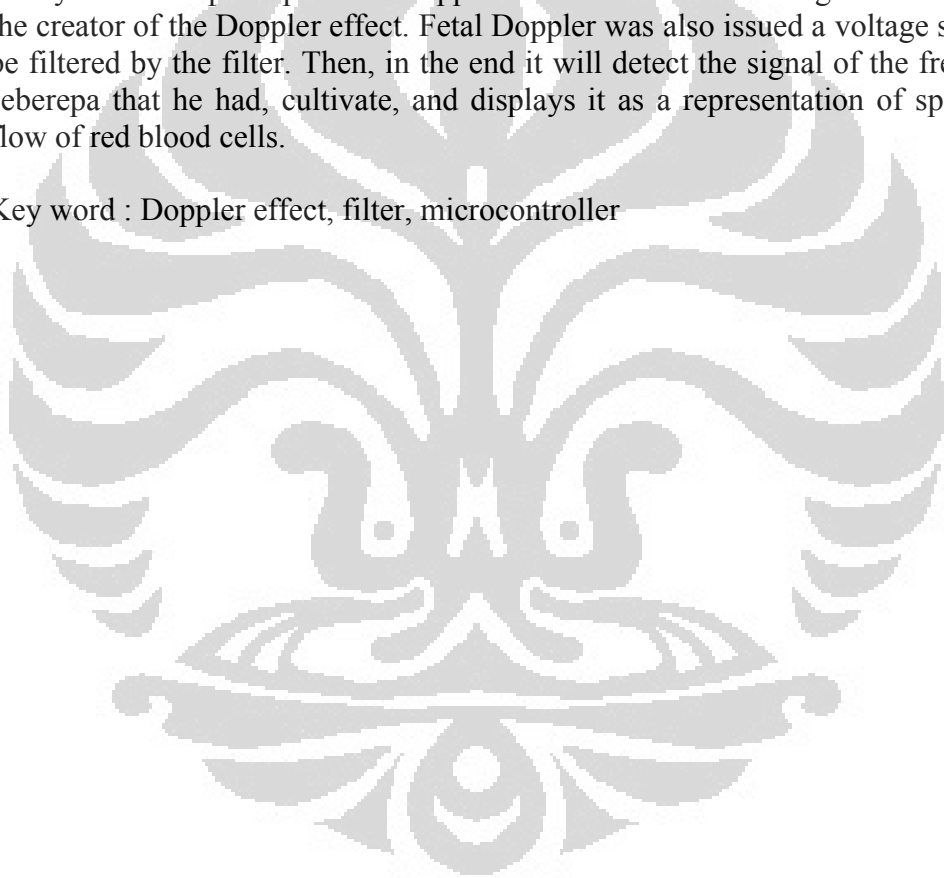
## ABSTRACT

Name : Muhamad Gorian  
Study Program : Electrical Engineering  
Title : Design Building Speed Counters and Debit Human Blood  
Using Doppler Effect

Blood is an inseparable part of everyday life. Therefore, someone who is sick, did not escape from its relationship with blood. Diagnosing blood becomes very important in detecting diseases to the people. However, until now diagnosing only can be done in hospitals. Even, the time-consuming procedure is not for a while. Therefore, this paper can be made for helping for these problems.

Doppler effect is the event on the frequency heard by the recipient. This theory is a basic principle fo this application. This thesis is using fetal Doppler as the creator of the Doppler effect. Fetal Doppler was also issued a voltage signal to be filtered by the filter. Then, in the end it will detect the signal of the frequency seberepa that he had, cultivate, and displays it as a representation of speed and flow of red blood cells.

Key word : Doppler effect, filter, microcontroller



# DAFTAR ISI

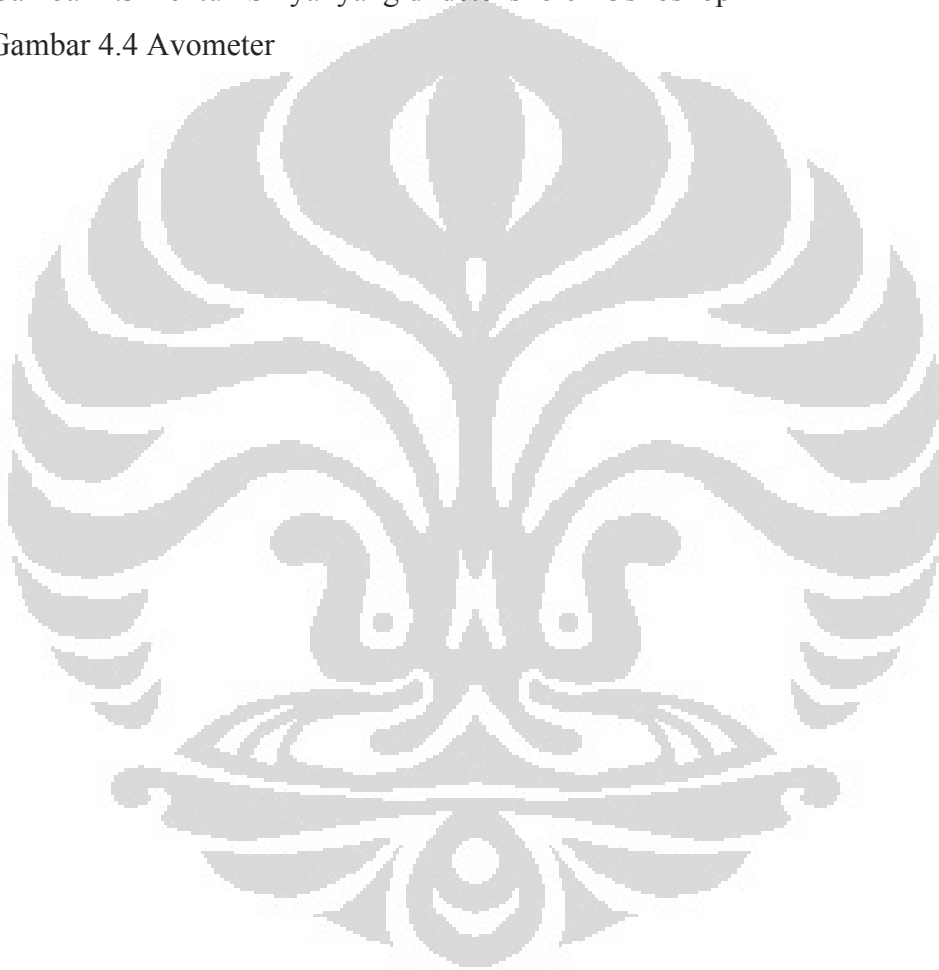
	Hal.
JUDUL.....	i
PERNYATAAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
Bab I   Pendahuluan.....	1
I. 1.   Latar Belakang.....	1
I. 2.   Tujuan.....	3
I. 3.   Batasan Masalah.....	3
I. 4.   Metodologi Penulisan.....	3
I. 5.   Sistematika Penulisan.....	3
Bab II   Dasar Teori.....	4
II. 1.   Pengenalan Darah.....	4
II. 1. 1.   Plasma Darah.....	4
II. 1. 2.   Sel Darah Merah.....	4
II. 1. 3.   Sel Darah Putih.....	4
II. 1. 4.   Keping Darah.....	5
II. 2.   Fluida.....	6
II. 3.   Efek Doppler.....	7
II. 4.   Mikrokontroller.....	10
II. 4. 1   ATmega8535.....	11
Bab III   Perancangan Sistem.....	15

III. 1.	Perancangan Hardware.....	15
III. 1. 1	Fetal Doppler.....	15
III. 1. 2	Band Pass Filter.....	16
III. 1. 3	Non-inverting Amplifier.....	19
III. 1. 4	Komparator.....	20
III. 1. 5	Mikrokontroller.....	22
III. 2.	Perancangan Software.....	24
Bab IV	Uji Coba Rangkaian dan Pengambilan Data serta Analisa.....	26
IV. 1.	Uji Coba Rangkaian.....	26
IV. 1. 1	Fetal Doppler.....	26
IV. 1. 2	Band Pass Filter.....	27
IV. 1. 3	Non-inverting Amplifier.....	28
IV. 1. 4	Komparator.....	29
IV. 1. 5	Mikrokontroller ATmega8535.....	30
Bab V	Kesimpulan.....	33
	Daftar Acuan.....	32
	Lampiran.....	37

# DAFTAR GAMBAR

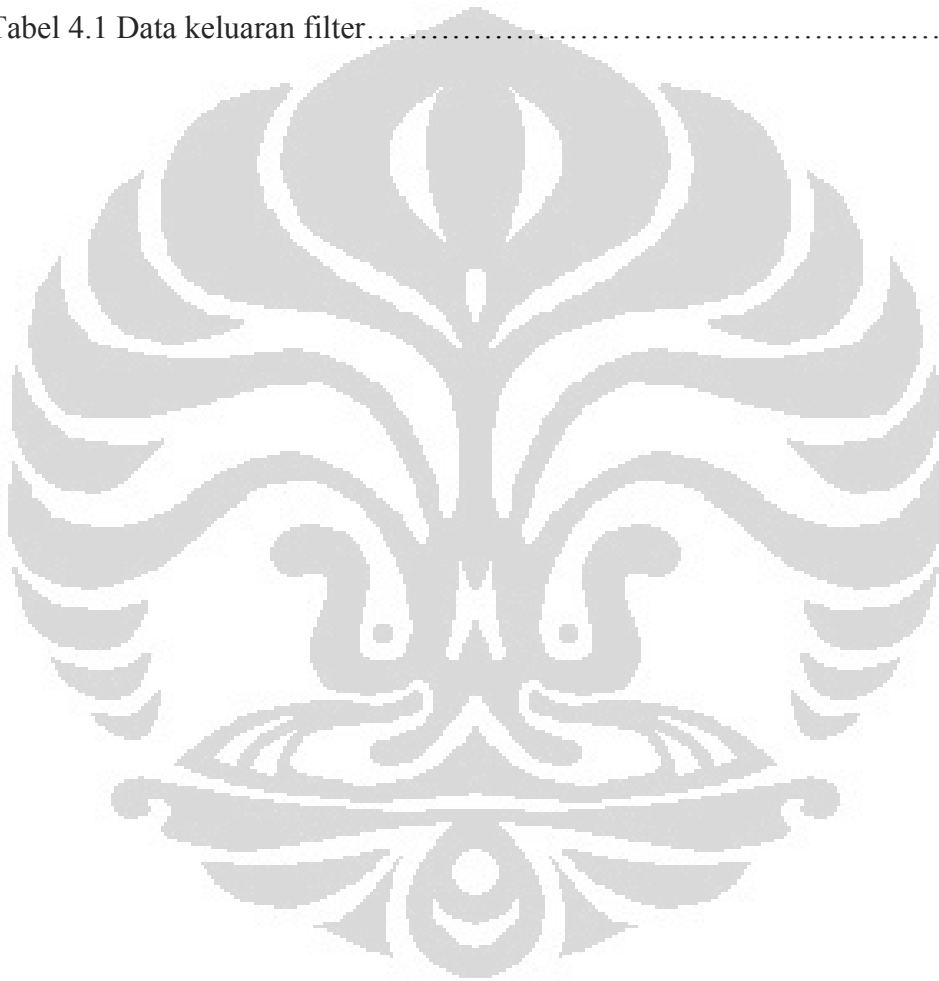
	Hal.
Gambar 2. 1. Karakteristik Sel Darah Manusia.....	5
Gambar 2. 2. Karakteristik pembuluh darah manusia.....	6
Gambar 2. 3. Karakteristik penampang melintang dan kecepatan aliran darah di tiap pembuluh darah.....	6
Gambar 2. 4. Sebuah Fluida yang bergerak dengan kecepatan tertentu ( $v$ ) dan memiliki debit tertentu ( $Q$ ) dalam sebuah pipa dengan luas penampang tertentu( $A$ ).....	7
Gambar 2.5 Pola frekuensi konsentris dari objek yang sedang bergerak ke kiri.....	8
Gambar 2.6 Sebuah transducer ultrasound mengirimkan gelombang ke arah pembuluh darah dimana darah mengalir dengan kecepatan seketika, $V$ . sudut antara transducer dan pembuluh darah adalah $\Theta$ .....	8
Gambar 2.7 (a) dua bidang gelombang berturutan bergerak dengan kecepatan $C$ ke arah partikel pemantul yang sedang bergerak dengan kecepatan $V$ ke arah mereka. Panjang gelombang sebelum pertemuan adalah $\lambda_0$ . (b) hasil pemantulan kembali dengan panjang gelombang $\lambda'$ .....	9
Gambar 2.8 Berbagai macam jenis mikrokontroller	11
Gambar 2.9 Arsitektur dari ATmega8535	12
Gambar 3.1 Blok diagram keseluruhan rangkaian	15
Gambar 3.2 Blok Diagram Band Pass Filter	17
Gambar 3.3 Karakteristik ideal (Kiri) dan karakteristik sebenarnya dari BPF	17
Gambar 3.4 Rangkaian Band Pass Filter. Kiri (HPF) dan kanan (LPF)	18
Gambar 3.5 Penguat <i>non-inverting</i>	19
Gambar 3.6 Blok Diagram Komparator	20
Gambar 3.7 Rangkaian pembanding tegangan untuk mendeteksi intensitas	

cahaya	21
Gambar 3.8 Blok diagram fungsi IC LM311	21
Gambar 3.9 Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535	22
Gambar 3.10 Diagram Alir Program yang akan dibuat	24
Gambar 4.1 Bentuk sinyal pantul fetal Doppler sebelum mengenai objek	26
Gambar 4.2 Bentuk sinyal pantul fetal Doppler setelah mengenai objek	27
Gambar 4.3 Bentuk Sinyal yang di deteksi oleh Osiloskop	28
Gambar 4.4 Avometer	28



## DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 2.1 Fungsi Khusus port B.....	13
Tabel 2.2 Fungsi khusus port C.....	13
Tabel 2.3 Fungsi khusus port D.....	14
Tabel 4.1 Data keluaran filter.....	29



# BAB I PENDAHULUAN

## I. Latar Belakang

Darah merupakan bagian dari tubuh manusia yang tidak dapat dilepaskan. Banyak fungsi yang dimilikinya diantaranya sebagai pertahanan terhadap penyakit. Begitu pentingnya fungsi darah dalam tubuh manusia, darah dijadikan factor dalam pendiagnosaan penyakit.

Karakteristik sel darah merah adalah salah satu contoh dari organ yang digunakan untuk analisa medis. Contohnya, kecepatan, jumlah, dan bentuk sel darah merah.

Pada kondisi normal, dalam tubuh manusia, darah mengalir pada kecepatan tertentu di dalam pembuluh darah. Nilai kecepatan ini pun tergantung dari pembuluh darah yang dilalui, jumlah sel darah merah yang dimiliki, dan juga kondisi manusia itu sendiri. Contohnya adalah kecepatan aliran sel darah merah manusia pada pembuluh darah arteri berkisar 2-22 cm/s [1].

Namun, dalam mengetahui karakteristik sel darah merah diperlukan pendiagnosaan terlebih dahulu. Pendiagnosaan laboratorium merupakan diagnosa penunjang untuk membantu pendiagnosaan suatu penyakit jika gejala klinis yang muncul kurang memadai untuk mendiagnosa penyakit. Akan tetapi, prosedur yang memakan waktu tidak sebentar sering sekali mengakibatkan keterlambatan dalam pendiagnosaan suatu penyakit sehingga akan berakibat buruk bagi penderita. Contohnya saja untuk mengetahui kecepatan sel darah yang dimiliki terlebih dahulu harus diambil sampel darah lalu dengan bantuan tabung kapiler dan juga sentrifus darah diputar dengan kecepatan 3000 rpm selama 30 menit[2]. Maka dari itu diperlukan suatu teknologi yang dituntut dapat membantu dalam pelaksanaan diagnosis medis secara tepat, mudah, dan teliti.

Asas Doppler merupakan salah satu ilmu yang penerapannya banyak digunakan dalam bidang kedokteran. Dengan membandingkan

aliran darah dan juga debit aliran untuk membandingkannya dengan nilai yang didapat dengan nilai referensi.

## **II. Tujuan**

Tujuan dari skripsi ini untuk mendapatkan nilai kecepatan sel darah merah ditambah dengan mencari nilai debit aliran yang dimiliki.

## **III. Batasan Masalah**

Agar masalah yang ingin disampaikan tidak menjadi terlalu kompleks dan luas maka pengerjaan laporan ini hanya dibatasi dalam mendapatkan nilai kecepatan aliran sel darah manusia dan juga nilai debit yang dimiliki.

## **IV. Metodologi Penulisan**

Metode-metode yang digunakan dalam skripsi ini yaitu :

1. studi kepustakaan, yaitu membaca buku-buku yang berkaitan dengan skripsi tulisan ini.
2. perancangan algoritma, yaitu merancang algoritma yang sesuai demi mendapatkan data yang diharapkan.
3. pembuatan alat, yaitu dengan merancang rangkaian sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat.
4. uji coba, yaitu mengujicobakan perangkat yang telah dibuat apakah sudah sesuai dengan harapan.

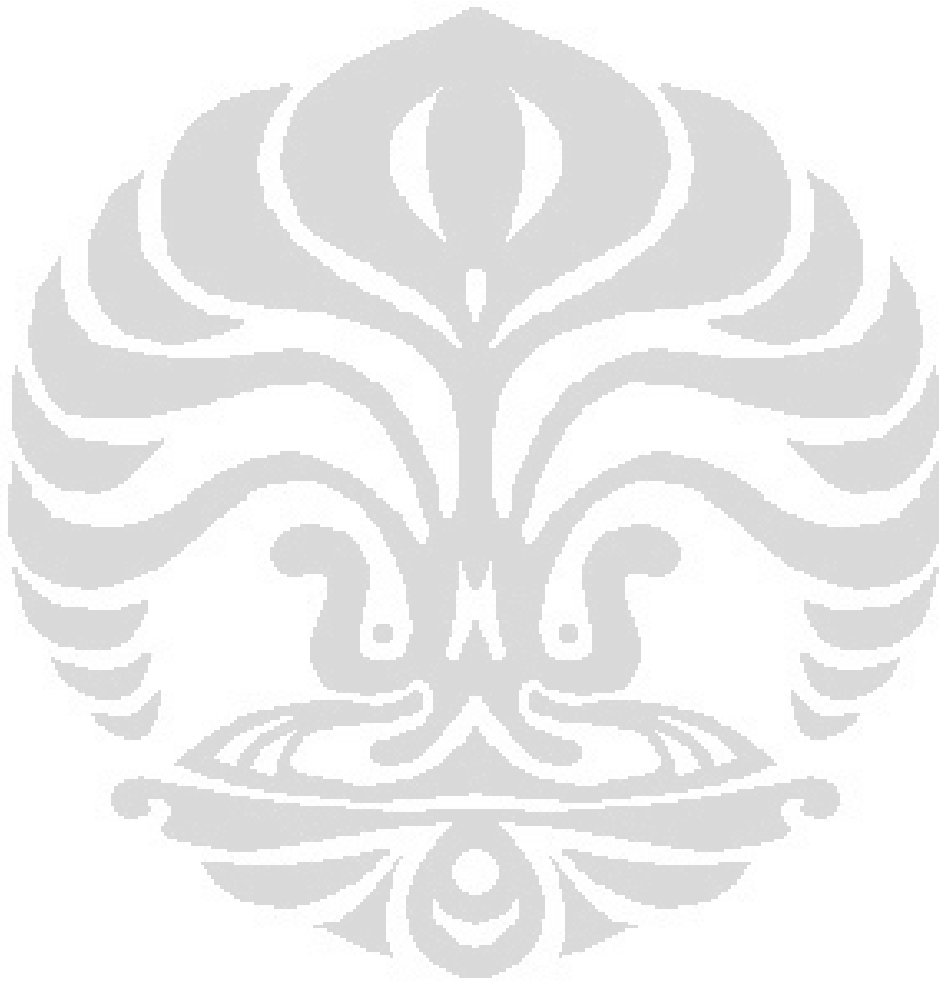
## **V. Sistematika Penulisan**

Tulisan ini dibagi menjadi lima bab, yaitu:

- 1) Bab I yang menjelaskan tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah, metodologi penulisan dan juga sistematika penulisan tulisan ini.
- 2) Bab II menjelaskan tentang dasar teori mengenai darah, fluida, efek Doppler, dan perangkat yang dibutuhkan lainnya.



- 3) Bab III menjelaskan tentang alur perancangan pembuatan perangkat yang diinginkan.
- 4) Bab IV menjelaskan tentang uji coba perangkat dan juga analisa data yang didapatkan.
- 5) Bab V yang memaparkan kesimpulan mengenai penulisan tulisan ini.



## **BAB 2**

### **Dasar Teori**

#### **2.1 Pengenalan Darah**

Darah merupakan bagian terpenting dalam kehidupan manusia. Berbagai fungsi kehidupan terdapat di dalamnya. Mulai dari menyalurkan oksigen ke seluruh tubuh sampai pertahanan terhadap penyakit.

Darah dikenal dalam dua jenis yaitu darah cair dan dan darah padat. Darah cair yaitu plasma darah sedangkan darah padat yaitu sel darah merah, sel darah putih, serta keping darah. Jumlah darah kesemuanya yaitu sekitar 4 atau 5 liter atau sepertiga belas dari berat tubuh orang dewasa[3].

##### **2.1.1 Plasma Darah [3]**

Plasma darah disebut darah cair disebabkan komposisinya terdiri dari 92 % air. Sisanya merupakan zat terlarut garam glukosa, asam amino, dan asam lemak. Plasma darah berwarna jernih kekuningan. Fungsi plasma darah adalah sebagai pengangkut sari makanan, vitamin mineral, hormone, dan menjaga keseimbangan cairan darah. Volume plasma darah adalah sekitar 55 % dari volume seluruh darah.

##### **2.1.2 Sel Darah Merah**

Sel darah merah merupakan sel yang paling banyak dibandingkan dengan sel darah yang lainnya. Sel darah merah berbentuk cekung bulat pipih, tidak berinti. Berwarna merah karena mengandung haemoglobin yang berfungsi mengikat oksigen dan menyebarkannya ke seluruh tubuh [3].

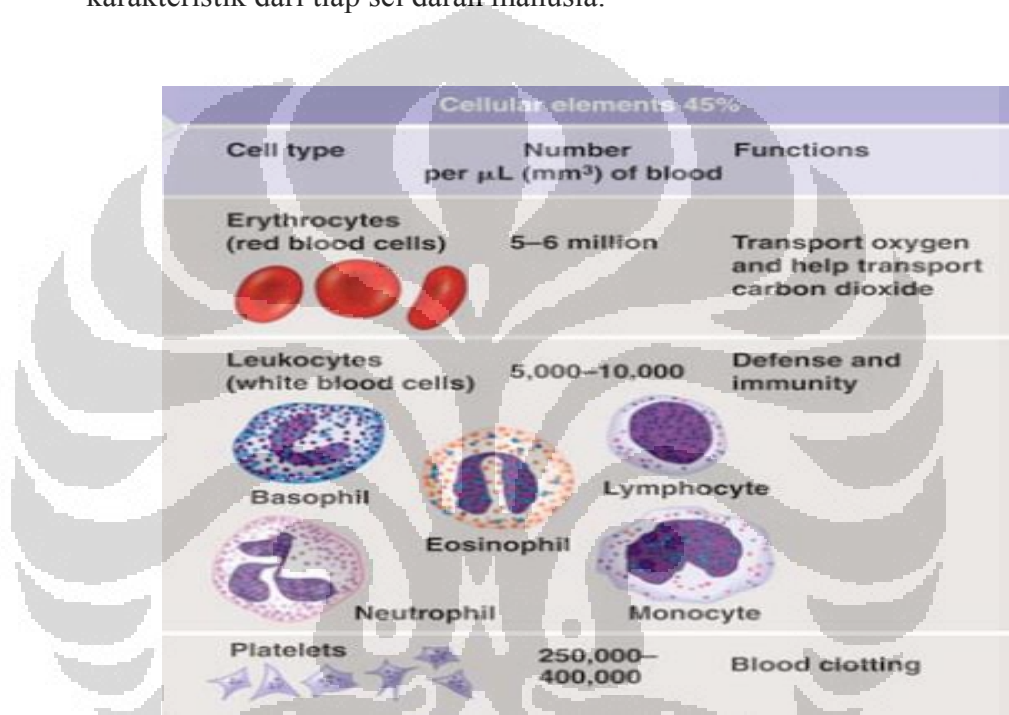
##### **2.1.3 Sel Darah Putih [3]**

Sel darah putih tidak memiliki warna dan tidak mempunyai bentuk yang tetap. Jumlah selnya lebih sedikit dibandingkan dengan sel darah merah yaitu sekitar 1:660[3]. terdapat beberapa jenis sel darah putih yang

bekerja sama membangun mekanisme pertahanan tubuh antara lain *neutrofil, limfosit, monosit, eosinofil, basofil*.

#### 2.1.4 Keping Darah

Keping darah merupakan sel yang berukuran lebih kecil dibandingkan sel darah merah dan sel darah putih. Fungsi keping darah merupakan bagian dari mekanisme pembekuan darah [3]. Gambar 2.1 merupakan karakteristik dari tiap sel darah manusia.

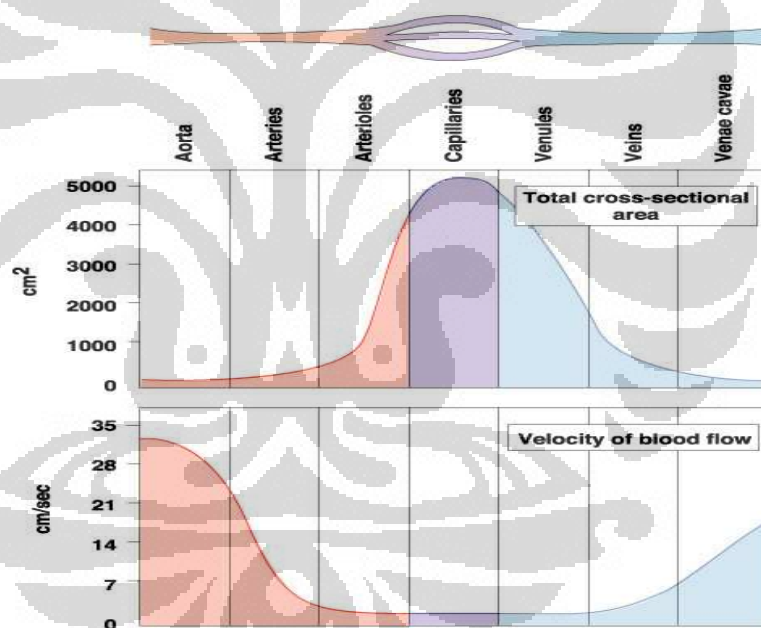


Gambar 2.1 Karakteristik Sel Darah Manusia [4]

darah mengalir ke seluruh tubuh akibat adanya dorongan atau pompa yang dilakukan oleh jantung. Darah mengalir melalui pembuluh darah dengan kecepatan tertentu. Gambar 2.2 adalah karakteristik dari setiap pembuluh darah dan Gambar 2.3 adalah kecepatan pada setiap pembuluh darah :

	Mean diameter	Mean wall thickness	Endothelium	Elastic tissue	Smooth muscle	Fibrous tissue	
Artery	4.0 mm	1.0 mm					
Arteriole	30.0 $\mu\text{m}$	6.0 $\mu\text{m}$					
Capillary	8.0 $\mu\text{m}$	0.5 $\mu\text{m}$					
Venule	20.0 $\mu\text{m}$	1.0 $\mu\text{m}$					
Vein	5.0 mm	0.5 mm					

Gambar 2.2 Karakteristik pembuluh darah manusia [1]

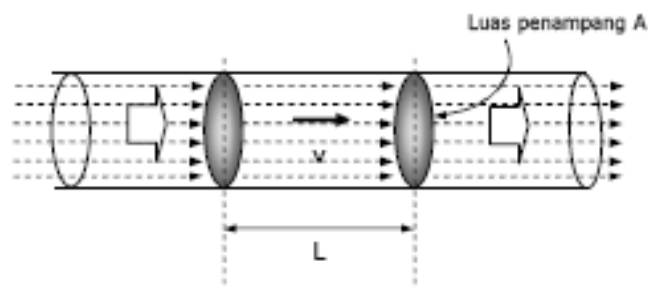


Gambar 2.3 Karakteristik penampang melintang dan kecepatan aliran darah di tiap pembuluh darah [1]

## 2.2 Fluida

Setiap partikel dalam fluida dinamis, akan bergerak menurut jenis aliran tertentu, begitu pun juga darah. Darah merupakan cairan yang bergerak di dalam pembuluh darah. Peristiwa ini dapat diasumsikan sama halnya dengan

peristiwa suatu cairan yang mengalir dalam sebuah pipa. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Sebuah Fluidan yang bergerak dengan kecepatan tertentu ( $v$ ) dan memiliki debit tertentu ( $Q$ ) dalam sebuah pipa dengan luas penampang tertentu ( $A$ ).

Pada aliran di atas, kecepatan aliran partikel fluida pada setiap titik konstan terhadap waktu, sehingga partikel-partikel fluida yang lewat pada suatu titik akan bergerak dengan kecepatan dan arah yang sama.

Debit aliran yang mengalir pada pipa tersebut dapat dicari dengan Persamaan 2.1.

$$Q = A \cdot v \quad (2.1)$$

dimana,

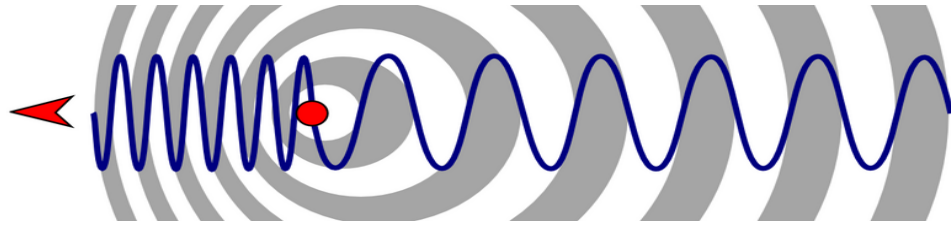
$Q$  = Debit aliran fluida

$A$  = Luas Penampang pipa

$v$  = kecepatan aliran fluida

### 2.3 Efek Doppler

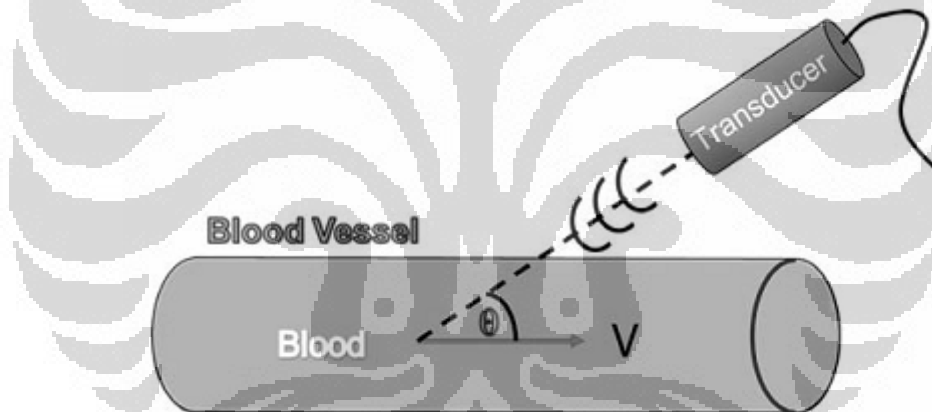
Efek Doppler diperkenalkan pertama kali oleh fisikawan Austria yang bernama Christian Johahn Doppler pada tahun 1942. Efek Doppler merupakan perubahan frekuensi gelombang jika sumber bunyi bergerak terhadap pengamat. Frekuensi bertambah besar jika sumber bunyi mendekati pengamat atau pengamat mendekati sumber bunyi. Begitupun sebaliknya jika frekuensi bertambah kecil. Gambar 2.5 adalah pola frekuensi yang mengGambarkan sebuah objek dengan mengeluarkan frekuensi tertentu yang sedang bergerak ke arah kiri, menyebabkan pola merapat ke arah kiri.



Gambar 2.5 Pola frekuensi konsentris dari objek yang sedang bergerak ke kiri.[5]

Dari kejadian pada Gambar 2.4 alhasil pengamat akan merasakan frekuensi gelombang yang lebih besar dibandingkan ketika sumber bunyi diam. Jika relasi antara kecepatan dan pergeseran frekuensi diketahui, dikuantisasi, dan dihitung, kemudian seseorang dapat menggunakan efek ini untuk memperkirakan kecepatan objek bergerak atau menghitung aliran darah [5].

#### 1) Efek Doppler dalam pengobatan Klinis [6]



Gambar 2.6 Sebuah transducer ultrasound mengirimkan gelombang ke arah pembuluh darah dimana darah mengalir dengan kecepatan seketika,  $V$ . sudut antara transducer dan pembuluh darah adalah  $\theta$ .

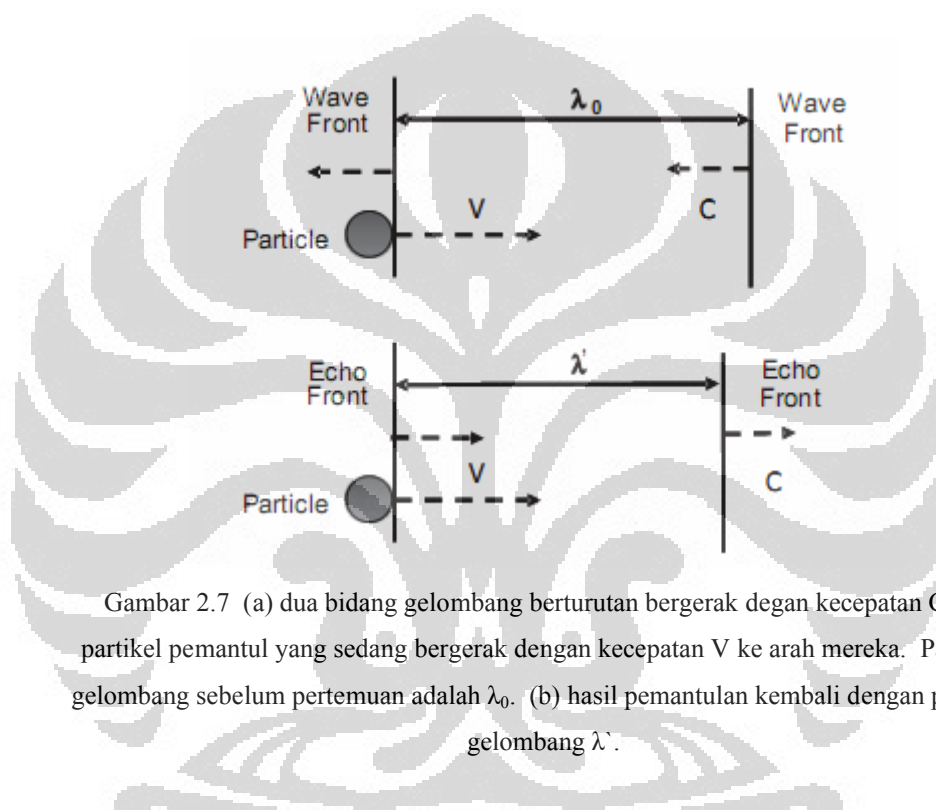
Dalam rangka menghitung pergeseran mengerti bagaimana efek Doppler biasanya digunakan dalam pengobatan ultrasound, mari kita sekarang mengacu pada Gambar 2.7. Anggap ada dua bidang gelombang berturutan yang mempropagasi ke arah objek bergerak. Jarak diantara mereka adalah  $\lambda_0$  dan nilainya dapat ditentukan oleh Persamaan 2.2.

$$\lambda_0 = \frac{C}{f_0} \quad (2.2)$$

dimana  $f_0$  adalah frekuensi gelombang dan  $C$  adalah kecepatan gelombang suara pada tubuh manusia.

Karena target bergerak ke arah transducer dengan kecepatan relative  $v = V \cdot \cos \Theta$ , waktu diantara pertemuan target dengan dua bidang gelombang diberikan dengan Persamaan 2.3.

$$\Delta t = \frac{\lambda_0}{c + v} \quad (2.3)$$



Gambar 2.7 (a) dua bidang gelombang berturutan bergerak dengan kecepatan  $C$  ke arah partikel pemantul yang sedang bergerak dengan kecepatan  $V$  ke arah mereka. Panjang gelombang sebelum pertemuan adalah  $\lambda_0$ . (b) hasil pemantulan kembali dengan panjang gelombang  $\lambda'$ .

Ketika gelombang bertemu dengan target, pantulan dikembalikan. Pantulan itu juga bergerak dengan kecepatan  $C$  pada medium tetapi kali ini ke arah transducer. Jika target berjalan ke arah transducer, kemudian jarak antara dua bidang pantul akan lebih mendekat. Dan jika target berjalan menjauh dari transducer, jarak akan lebih panjang. Jarak antara dua bidang pantul  $\lambda'$  dapat diberikan oleh Persamaan 2.4.

$$\lambda' = \Delta t(C - v) \quad (2.4)$$

Oleh karena itu, Frekuensi balikan terhadap panjang gelombang baru yaitu dengan Persamaan 2.5.

$$f' = \frac{C}{\lambda'} \quad (2.5)$$

Oleh sebab itu, pergeseran frekuensi Doppler  $\Delta f$  diberikan oleh Persamaan 2.6.

$$\begin{aligned} \Delta f &= f' - f_0 = \frac{C}{\lambda'} - f_0 = \frac{C}{\Delta t(C-v)} - f_0 = \frac{C}{\lambda_0} \cdot \frac{(C+v)}{(C-v)} - f_0 \\ \longrightarrow \Delta f &= f_0 \left[ \frac{(C+v)}{(C-v)} - 1 \right] = f_0 \left[ \frac{(C+v - C + v)}{(C-v)} \right] = \frac{f_0 \cdot 2v}{C-v} \\ \longrightarrow \Delta f &= \frac{f_0 \cdot 2V \cos \theta}{C - V \cos \theta} \end{aligned} \quad (2.6)$$

Mengingat kembali bahwa kecepatan suara pada tubuh adalah sekitar 1500 m/s, itu mengikuti bahwa  $V \ll C$  dan oleh karena itu  $V \cos \theta$  dapat diabaikan. Lalu hubungan diatas menjadi Persamaan 2.7

$$\Delta f = \frac{f_0 \cdot 2V \cos \theta}{C} \quad (2.7)$$

Kecepatan aliran darah dapat disarikan dengan mengatur kembali Persamaan diatas dan oelh karena itu nilainya diberikan oleh Persamaan 2.8

$$V = \frac{\Delta f \cdot C}{2 f_0 \cos \theta} \quad (2.8)$$

## 2.4 Mikrokontroller

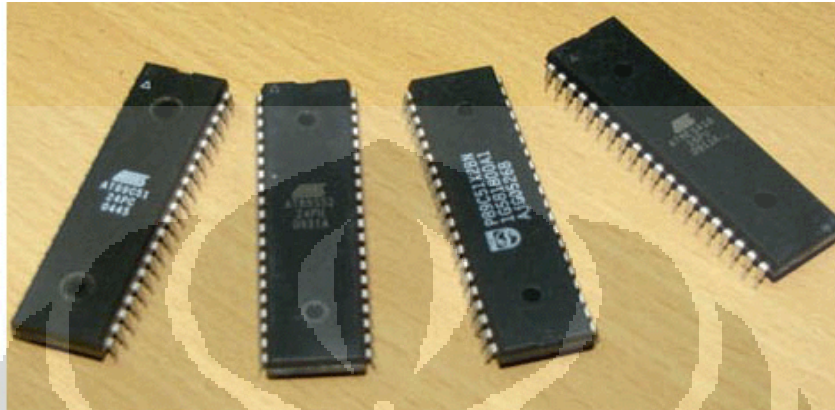
Mikrokontroller adalah komputer kecil dan rendah biaya yang dibuat untuk menyelesaikan tugas tertentu seperti menampilkan informasi yang berada di DVD player atau menerima informasi dari remot control televisi. Beda kegunaannya dengan mikroprosesor yaitu digunakan untuk melaksanakan tugas yang besar dan umum.

Mikrokontroller terdiri dari CPU sebagai otak pengerjaan, memori sebagai tempat menjalankan program, lalu port I/O sebagai masukan dan juga keluaran.

Keuntungan menggunakan mikrokontroler sudah disebutkan sebagian sebelumnya. Selain di atas yaitu computer kecil dan biaya rendah, keuntungan miktokontoler adalah menggunakan daya yang kecil.



Berbagai macam vendor yang membuat mikrokontroler yaitu seperti atmel, microchips, xemics, dan lain sebagainya. Namun yang paling populer digunakan adalah atmel dengan keluaran mikrokontrolernya bernama AVR (Alf and Vegard's Risc prosesor). Gambar 2.8 memperlihatkan berbagai macam jenis mikrokontroler yang ada di pasaran.



Gambar 2.8 Berbagai macam jenis mikrokontroler

Berdasarkan arsitekturnya mikrokontroler dibagi menjadi dua yaitu

1. CISC (Complex Instruction Set Computing) yaitu arsitektur yang kaya akan instruksi dalam penggunaannya tetapi memiliki fasilitas internal yang secukupnya saja.
2. RISC (Reduced Instruction Set Computing) yaitu kebalikan dari CISC. Arsitektur ini mempunyai fasilitas internal yang kaya namun jumlah instruksi yang dapat dipakai secukupnya.

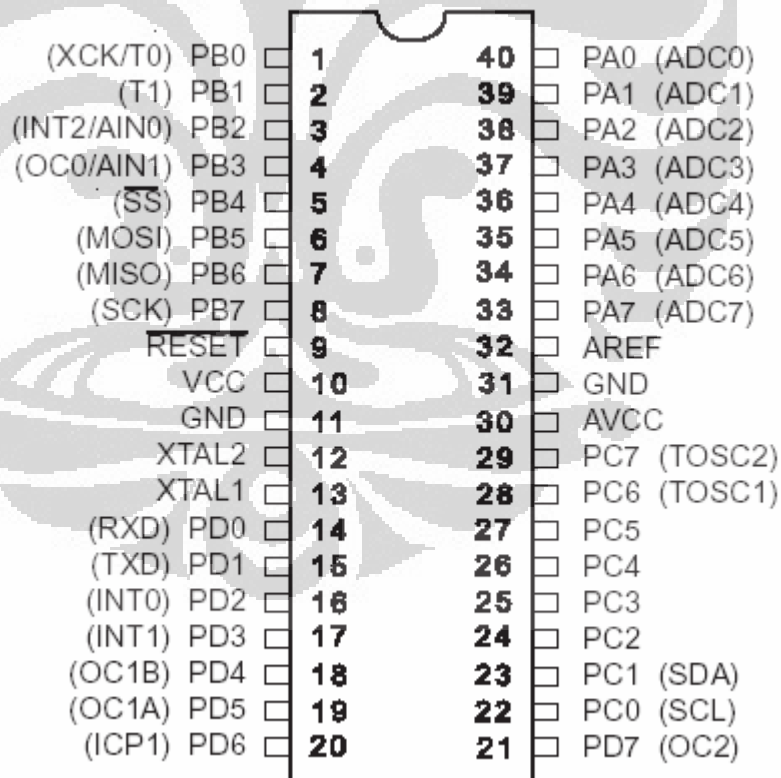
Pada penulisan ini mikrokontroler yang dipakai adalah Atmega8535. Memang dalam keluarga atmel hampir kesemua arsitekturnya sama dan instruksi yang digunakan adalah sama. Pemilihan atmega 8535 disebabkan lebih murah.

#### 2.4.1 ATmega 8535 [7]

ATmega memiliki teknologi RISC dengan kecepatan maksimal 16MHz yang membuat lebih cepat bila dibandingkan dengan MCS 51. Arsitektur dari ATmega8535 diperlihatkan pada Gambar 2.9. Adapun keutamaan yang dimiliki oleh ATmega 8535, yaitu :

1. ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.

2. tiga buah timer/counter dengan kemampuan pembandingan.
3. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
4. watchdog timer dengan osilator internal.
5. SRAM sebesar 32 byte.
6. saluran I/O sebanyak 32 buah yaitu, port A, port B, port C, dan port D.
7. memory flash sebesar 8 KB dengan kemampuan *read while write*.
8. Unit interupsi internal dan eksternal.
9. port antarmuka SPI.
10. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
11. antarmuka komparator analog.
12. port USART untuk komunikasi serial



Gambar 2.9 Arsitektur dari ATmega8535

adapun konfigurasi pin-pin dari ATmega 8535, yaitu :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin ground
3. port A merupakan masukan analog ke ADC internal. Selain itu juga merupakan 8-bit dua arah I/O. jika ADC tidak digunakan maka setiap pinnya yang masing-masing menyediakan internal pull-up resistor dapat diatur.
4. port B merupakan masukan dua arah 8-bit masing-masing mempunyai resistor pull-up internal yang masing-masing bisa diaktifkan. Port B juga mempunyai fungsi alternative yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Fungsi Khusus port B

Port pin	fungsi khusus
PB0	T0=timer/counter 0 external counter input
PB1	T1=timer/counter 0 external counter input
PB2	AINO=analog comparator positive input
PB3	AINI=analog comparator negative input
PB4	SS=SPI slave select input
PB5	MOSI=SPI bus master output/slave input
PB6	MISO=SPI bus master input/slave input
PB7	SCK=SPI bus serial clock

5. port C merupakan masukan dua arah 8-bit masing-masing mempunyai resistor pull-up internal yang masing-masing bisa diaktifkan. Fungsi khusus dari port C dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Fungsi khusus port C

port pin	fungsi khusus
PC0	SCL (two-wire serial bus clock line)
PC1	SDA (two-wire serial bus data input/output line)
PC6	TOS1 (timer osilator pin 1)
PC7	TOS2 (timer osilator pin 2)

6. port D merupakan masukan dua arah 8-bit masing-masing mempunyai resistor pull-up internal yang masing-masing bisa diaktifkan. Fungsi khusus dari port D dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Fungsi khusus port D

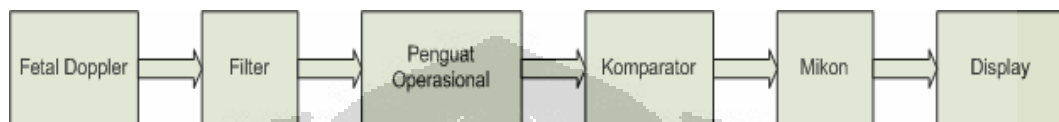
port pin	fungsi khusus
PD0	RXD (pin masukan USART)
PD1	TXD (pin keluaran USART)
PD2	INT0 (masukan 0 eksternal interup)
PD3	INT1 (masukan 1 eksternal interup)
PD4	OC1B (timercounter 1 output compare B match output)
PD5	OC1A (timercounter 1 output compare A match output)
PD6	ICP1 (timer/counter 1 capture pin)
PD7	OC2 (timer/counter 2 output compare match output)

7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler
8. XTAL1 merupakan masukan dari penguat osilator inverting dan juga masukan dari rangkaian operasi pewaktuan internal.
9. XTAL2 merupakan pin keluaran dari penguat osilator inverting
10. AVCC merupakan pin masukan tegangan ADC
11. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC

## BAB 3

### Perancangan Sistem

Terdapat 2 perancangan untuk merealisasikan sistem ini yaitu perancangan hardware dan juga perancangan software. Skema secara umum keseluruhan rangkaian dapat dilihat pada diagram blok Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok diagram keseluruhan rangkaian

Pada blok pertama, fetal Doppler akan mengirim gelombang melalui transmitter transducernya. Gelombang ultrasonic ini akan mengenai jaringan atau organ. Gelombang ultrasonic ini akan ada yang dipantulkan, diteruskan, dan juga diserap. Gelombang ultrasonic yang telah dipantulkan akan diterima oleh receiver fetal Doppler. Didalam fetal Doppler gelombang ultrasonic diubah ke sinyal tegangan. Sinyal ini akan di filter oleh rangkaian band pass filter. Lalu sinyal itu akan dikuatkan oleh non-inverting amplifier. Lalu, sinyal ini akan dibandingkan dengan nilai acuan di rangkaian komparator. Nilai hasil perbandingan ini akan diolah oleh mikrokontroler dan hasilnya akan ditampilkan ke LCD berupa kecepatan SDM.

### 3.1 Perancangan Hardware

#### 3.1.1 Fetal Doppler

Salah satu bidang yang menerapkan efek Doppler dalam aplikasinya adalah bidang kedokteran. Di dalam bidang kedokteran efek Doppler digunakan untuk mendeteksi organ yang bergerak seperti jantung dan aliran darah. Salah satu peralatan yang menggunakan teori tersebut adalah fetal Doppler yang menggunakan gelombang ultrasonic. Gelombang ultrasonic yaitu gelombang yang berada di atas 20 KHz.

Fetal Doppler ditempatkan di tempat yang akan dideteksi seperti untuk mengetahui jantung maka ditempatkan di jantung melalui transducer probe. Di dalam transducer terdapat kristal yang digunakan untuk menangkap pantulan gelombang yang akan disalurkan oleh transducer. Gelombang yang diterima masih dalam bentuk gelombang pantulan sehingga fungsi kristal adalah untuk mengubah gelombang tersebut menjadi gelombang elektronik.

Gelombang suara ini menembus tubuh dan mengenai batas-batas antar jaringan, misal antara cairan, darah dan otot dan tulang. Sebagian gelombang suara ini dipantulkan kembali ke probe, sebagian lain terus menembus bagian tubuh lainnya sampai kemudian juga dipantulkan. Gelombang-gelombang suara pantulan ini ditangkap kembali oleh probe dan akan menghitung berapa jarak jaringan pemantul dengan probe berdasarkan kecepatan suara di dalam jaringan. Cepat rambat ultrasonic dalam jaringan tubuh rata-rata 1530 m/s [6].

Fetal Doppler digunakan untuk mengukur perubahan frekuensi pantulan suara yang diciptakan oleh obyek bergerak yang diteliti probe, dan menghitung seberapa cepat obyek itu bergerak. Dan juga digunakan untuk mengukur kecepatan aliran tubuh melalui jantung dan pembuluh-pembuluh darah utama lainnya.

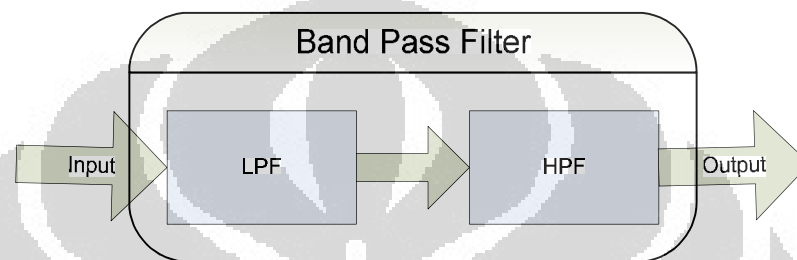
Fetal Doppler yang digunakan untuk perancangan adalah fetal Doppler dengan tipe Hi-Bebe BT-200. Fetal Doppler akan dihubungkan dengan rangkaian band pass filter menggunakan kabel jack audio.

### 3.1.2 Band Pass Filter (BPF)

Rangkaian band pass filter adalah rangkaian yang berfungsi untuk menyaring frekuensi yang diinginkan yang berada di atas frekuensi bawah ( $f_1$ ) dan berada di bawah frekuensi atas ( $f_2$ ). Kemudian filter sendiri dapat dibagi menjadi dua yaitu filter pasif dan filter aktif. Filter pasif menggunakan komponen seperti resistor, kapasitor, dan inductor sebagai penyusunnya. Sedangkan filter aktif menggunakan komponen aktif yaitu

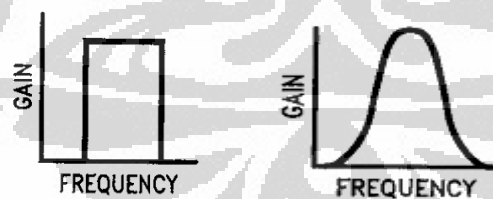
operasional amplifier (OpAmp) sebagai penyusun utamanya ditambah dengan kombinasi resistor dan juga kapasitor.

Sebenarnya Band pass filter hanyalah gabungan dari dua rangkaian yaitu LPF (Low Pass Filter) dan HPF (High Pass Filter). LPF digunakan untuk menguatkan frekuensi yang ada di bawah frekuensi *cut off* ( $f_c$ ) sedangkan HPF digunakan untuk menguatkan frekuensi yang ada di atas frekuensi *cut off*. Perhatikan Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Blok Diagram Band Pass Filter

Dengan menggabungkan dua karakteristik ini maka didapatkanlah BPF. Daerah unjuk kerja ini bisa juga disebut sebagai irisan dari unjuk kerja dari kedua rangkaian tersebut. Daerah unjuk kerja frekuensi filter ini ditunjukkan pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Karakteristik ideal (Kiri) dan karakteristik sebenarnya dari BPF

Daerah yang terdapat di dalam kerja disebut daerah passband dimana frekuensi yang diinginkan akan dilewatkan. Sedangkan daerah yang berada di luar itu disebut stopband dimana frekuensi yang tidak diinginkan dilemahkan.

Rangkaian ini terdiri dari komponen-komponen R dan C dan juga penguat operasional. Rangkaian BPF ini berfungsi untuk melewatkan

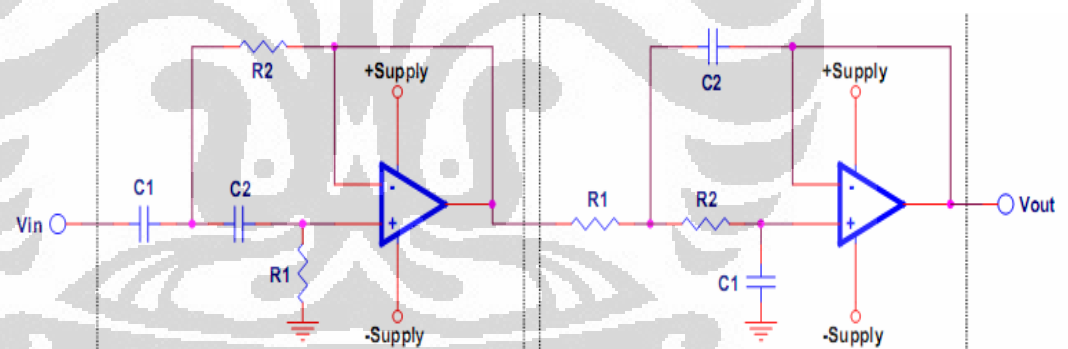
frekuensi yang diinginkan dan melemahkan frekuensi yang tidak diinginkan. Frekuensi yang dilewatkan adalah yang berada di atas frekuensi bawah ( $f_1$ ) dan dibawah frekuensi atas ( $f_2$ ). IC operasional yang dipakai adalah LM 741.

### 1) Menghitung Frekuensi Bawah dan Frekuensi Atas

Dengan menggunakan Persamaan 2.7 maka akan dicari nilai komponen yang diperlukan untuk mendapatkan daerah unjuk kerja filter yang diinginkan. Pada Gambar 2.3 dapat diketahui bahwa kecepatan darah pada pembuluh arteri manusia adalah antara 2-22 cm/s. Lalu dengan mengansumsikan bahwa sudut antara SDM dengan Fetal Doppler adalah  $45^\circ$  maka akan didapatkan daerah perbedaan frekuensi untuk BPF ini adalah 37-407 Hz.

### 2) Menghitung Nilai Komponen R dan C[8]

Gambar 3.4 adalah gambar rangkaian dari BPF. Perancangan didesain secara bertahap. Dimulai dari mencari HPF selanjutnya LPF.



Gambar 3.4 Rangkaian Band Pass Filter. Kiri (HPF) dan kanan (LPF)

### 3) Rangkaian HPF (High Pass Filter)

Dengan mengambil nilai C yaitu 1 nf maka  $C_1=C_2=1$  uf

Maka akan didapatkan Nilai  $R_1$  dengan Persamaan 3.1

$$R_1 = \frac{1}{\sqrt{2} * \pi * C_1 * f} \quad R_2 = \frac{1}{2\sqrt{2} * \pi * C_1 * f} \quad (3.1)$$



Dengan  $f$  adalah frekuensi pancung bawah yaitu 37 Hz, maka akan didapatkan  $R_1$  sebesar 6 K $\Omega$  dan  $R_2$  sebesar 3 K $\Omega$ .

#### 4) Rangkaian LPH (Low Pass Filter)

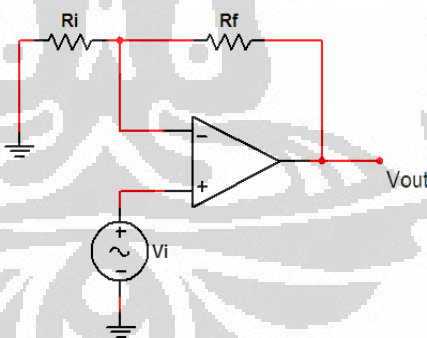
Dengan mengambil  $C_1 = 1$  uf maka didapatkan  $C_2 = 2 * C_1 = 2$  uf. Nilai kapasitor  $C_2$  yang dipakai 2.2 uf. Persamaan 3.2 adalah sebagai berikut :

$$R_1 = R_2 = \frac{1}{2\sqrt{2} * \pi * C_1 * f} \quad (3.2)$$

Dimana  $f$  adalah frekuensi pancung atas yang diinginkan yaitu sebesar 407 Hz sehingga didapatkan nilai  $R_1 = R_2 = 280 \Omega$ . Nilai yang dipakai adalah 300  $\Omega$ .

### 3.1.3 Non-Inverting Amplifier

Rangkaian ini merupakan salah satu dari aplikasi pemakaian penguat operasional selain yang telah disebutkan di atas. Rangkaian ini berfungsi sebagai penguatan amplitude dari sinyal yang masuk tanpa mengubah fase dari sinyal tersebut. Gambar 3.5 adalah rangkaian penguat *non-inverting*.



Gambar 3.5 Penguat *non-inverting*

Penguatan yang diberikan oleh rangkaian ini dapat dicari menggunakan Persamaan 3.3

$$V_{out} = \left( \frac{R_f}{R_i} + 1 \right) V_i \quad (3.3)$$

dengan mengacu pada Persamaan 3.3 maka ingin dicari penguatan yang diinginkan sebesar 2.8 kali. Maka dari itu, nilai resistor yang dipakai adalah  $R_f = 1.8 \text{ K } \Omega$  dan  $R_i = 1 \text{ K } \Omega$ .

### 3.1.4 Komparator

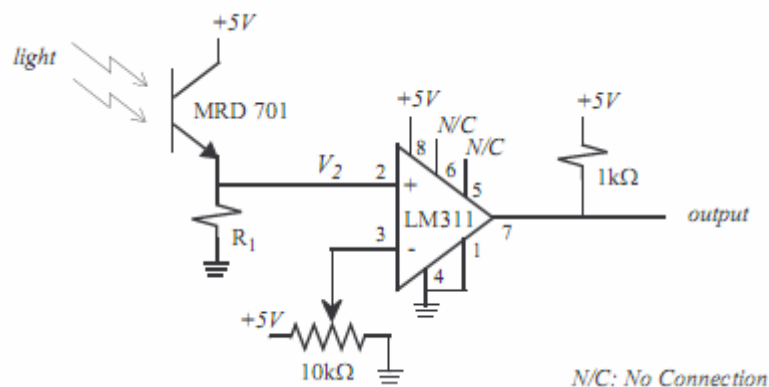
Rangkaian ini merupakan rangkaian yang berfungsi untuk membandingkan tegangan yang masuk apakah tegangan itu lebih besar atau kecil dengan tegangan referensi. Keluaran dari komparator ini adalah baik rendah atau pun tinggi seperti salah atau benar dalam biner. Pada Gambar 3.6 diterangkan mengenai blok diagram bagaimana komparator itu bekerja.



Gambar 3.6 Blok Diagram Komparator

Pada tulisan ini komponen yang digunakan sebagai pembanding tegangan adalah LM311. IC ini mempunyai beberapa keunggulan yaitu dapat bekerja pada 1 suplai atau dua suplai lalu. Selain itu, IC ini adalah pembanding tegangan berkecepatan tinggi. Komparator ini dapat *switch* tegangan sampai 50 V pada arus 50mA yang dapat menggerakkan relay dan lampu.

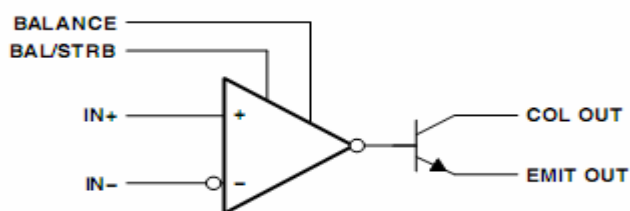
Cara kerja rangkaian ini dapat diterangkan pada penggunaannya pada rangkaian pembanding untuk pendeteksi intensitas cahaya yang dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Rangkaian pembandingan tegangan untuk mendeteksi intensitas cahaya.

Ketika, cahaya tidak mengenai pendeteksi cahaya, MRD 701, maka dengan hukum Law node  $V_2$  akan mempunyai tegangan 0 (nol) karena arus yang melalui  $R_1$  pun bernilai nol. Namun, ketika cahaya mengenai MRD 701, transistor cahaya itu akan mengalirkan arus dari kolektornya ke emiternya. Besar arus yang mengalir pun tergantung dari intensitas cahaya yang mengenai sensor. Resistor pada keluaran LM311 berfungsi sebagai resistor *pull-up* yang berguna menaikkan tegangan agar dapat mencapai nilai 5 V ketika tegangan yang masuk lebih besar daripada tegangan referensi.

Rangkaian ini berfungsi untuk membandingkan tegangan yang masuk dengan tegangan referensi. Tegangan yang diolah pada mikrokontroler adalah tegangan yang sesuai dengan tegangan acuan. Rangkaian ini menggunakan IC LM311 yang berfungsi sebagai pembandingan tegangan. Nilai yang digunakan untuk mendeteksi perbandingan tegangan tidak jauh berbeda yang tertera pada Gambar 2.11. Nilai  $R_1 = 10K \Omega$ , nilai R untuk input negatif =  $10 K\Omega$ , lalu  $R_{out} = 1K \Omega$ . Gambar 3.8 adalah blok diagram fungsi dari IC LM 311.

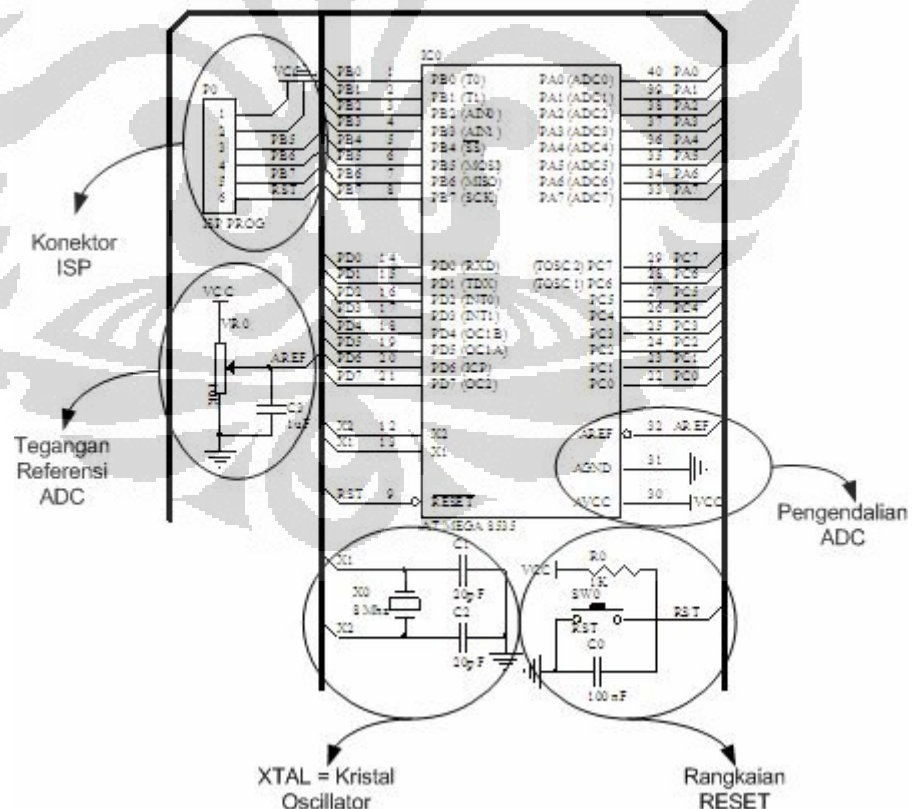


Gambar 3.8 Blok diagram fungsi IC LM311

### 3.1.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan tempat dimana input yang ada dan melalui berbagai rangkaian, akan diolah untuk mengetahui nilai kecepatan aliran SDM dan juga debit aliran tersebut. Mikrokontroler yang dipakai adalah ATmega 8535 yang telah tergabung dengan komponen yang lain menjadi satu modul yaitu rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega 8535. Modul ini merupakan modul ISP (In System Programming) dan dihubungkan secara langsung dengan kabel parallel. Hasil perhitungan yang didapat akan ditampilkan ke layer LCD.

Mikrokontroler 8535 mempunyai 4 port yaitu PORT A, PORT B, PORT C, dan PORT D. Masing-masing port terdiri dari 0-7 yang mewakili tiap bit. Pada percobaan alat, port B.0 dipakai sebagai masukan dan port D digunakan sebagai keluaran yang akan menampilkannya pada LCD. Gambar 3.9 adalah rangkaian sistem minimum atmega 8535.



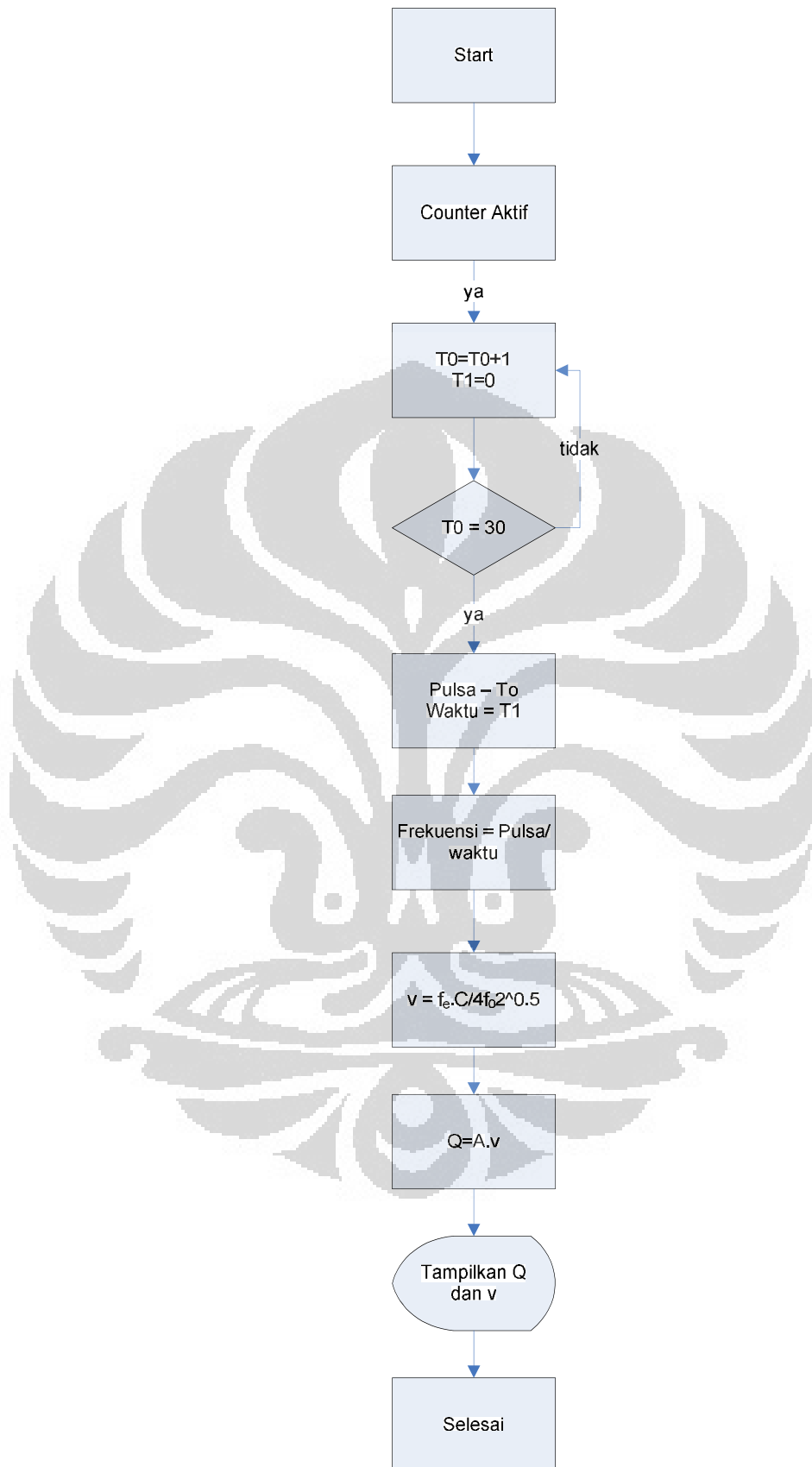
Gambar 3.9 Rangkaian Sistem Minimum ATmega8535

keterangan:

1. Digunakan untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler.
2. Tegangan referensi ADC merupakan tegangan acuan untuk mengubah sinyal analog ke sinyal digital.
3. rangkaian reset untuk memulai kembali system dari awal.
4. XTAL adalah kristal yang digunakan untuk pewaktuan pengolahan instruksi yang ada di dalam mikrokontroler.
5. Pengendalian ADC adalah masukan untuk mengubah sinyal analog ke sinyal digital.

### 3.2 Perancangan Software

Perancangan ini menggunakan bahasa C untuk memprogram atmega 8535 dengan software CodeVision AVR 1.24.5. Gambar 3.10 adalah diagram alir atau *flowchart* dari algoritma yang dipakai dalam merancang perangkat lunak ini.



Gambar 3.10 Diagram Alir Program yang akan dibuat

pada permulaan, mikon akan menginisialisasi yaitu port A sebagai port masukan dan juga port B sebagai port keluaran. Sewaktu sinyal masuk ke mikon maka timer akan diaktifkan. Pada waktu yang telah ditentukan, timer akan mencatat suatu kejadian pada waktu itu yaitu nilai tegangan. Lalu, dengan intruksi selanjutnya maka mikon akan mencari tegangan yang sama dengan mencatat waktu kejadian itu ditemukan. Selanjutnya waktu yang telah ditemukan diselisihkan agar mendapat waktu yang diperlukan untuk satu siklus sinyal tersebut. Dengan mengetahui bahwa frekuensi =  $1/T$ , maka akan didapatkan frekuensi dari sinyal tersebut. Dengan menggunakan Persamaan 2.8 maka akan didapatkan nilai kecepatan sel darah merah serta dengan menggunakan Persamaan 2.1 maka akan didapatkan nilai debit aliran sel darah merah. didapatkan maka nilai itu akan ditampilkan di LCD. Timer terus akan berjalan sampai *overflow* terjadi setelah itu timer akan direset untuk kembali ke awal dan melakukan yang sama dengan di atas terus menerus.

## BAB 4

### UJI COBA DAN ANALISA RANGKAIAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai uji coba rangkaian yang pada sebelumnya telah dipaparkan mengenai perancangan sistem yang ingin dibangun. Serta pengambilan data oleh sistem yang telah dibuat dan analisa terhadap pengambilan data tersebut.

Pembahasan akan dimulai dengan uji coba rangkaian yaitu dengan mengujicobakan tiap blok yang ada pada gambar 3.1. Mulai dari fetal Doppler sampai ke display. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang telah dirancang berkerja sesuai dengan harapan. Setelah itu baru masing-masing blok akan digabung untuk melihat apakah system dapat berkerja sesuai dengan harapan.

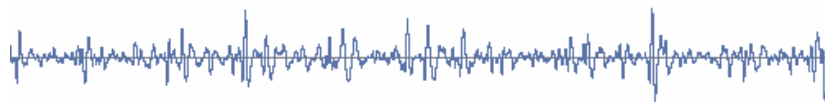
Kemudian, pembahasan selanjutnya mengenai pengambilan data dan perolehan data dari sistem. Disertakan pula analisa dari hasil pengambilan data dan juga perolehan data dari system.

#### 4.1 Uji Coba Rangkaian

##### 4.1.1 Fetal Doppler

Fetal Doppler digunakan sebagai pengirim dan juga penerima sinyal. Sinyal yang diterima merupakan sinyal pantulan dengan frekuensi dan amplitude yang bermacam-macam. Sinyal pantulan ini akan diubah ke dalam bentuk sinyal tegangan. Perhatikan gambar 4.1.

Sinyal tanpa darah 2

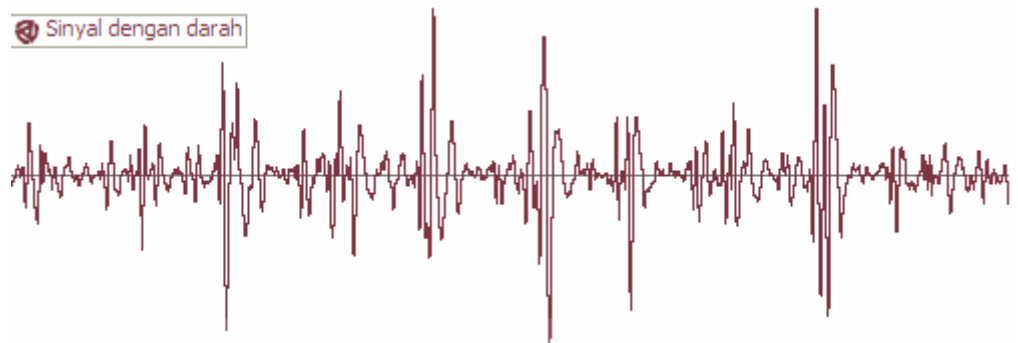


---

Gambar 4.1 Bentuk sinyal pantul fetal Doppler sebelum mengenai objek



Perhatikan pula gambar 4.2.



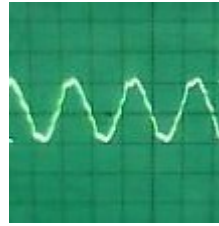
Gambar 4.2 Bentuk sinyal pantul fetal Doppler setelah mengenai objek

seperti yang terlihat pada gambar 4.1 dan 4.2 terdapat perbedaan dalam bentuk gelombang pantulnya. Gelombang yang memiliki amplitudo paling tinggi merupakan gelombang yang mencerminkan gelombang pantul dengan membawa informasi, yaitu kecepatan sel darah merah. Adanya perubahan bentuk gelombang inilah yang mengindikasikan fetal Doppler masih bekerja dengan baik.

Gambar 4.1 dan 4.2 diambil dengan menggunakan software Sony Acid Pro 6.0. Caranya dengan menghubungkan port audio dari fetal Doppler ke port audio yang terdapat pada PC (*Personal Computer*). Bentuk gelombang bisa saja dideteksi dengan menggunakan osiloskop tetapi dengan mempertimbangkan bahwa analisa digital lebih akurat daripada analog maka penulis memutuskan untuk mengambil bentuk sinyalnya dengan software ini.

#### 4.1.2 Band Pass Filter

Blok ini digunakan untuk menyaring frekuensi dari keluaran fetal Doppler. Bentuk sinyal-sinyal yang memiliki berbagai frekuensi seperti pada Gambar 4.2 akan dipilah dengan rangkaian ini. Selain itu, frekuensi yang masuk pun dideteksi dengan menggunakan avometer. Gambar 4.3 adalah bentuk sinyal yang dideteksi oleh osiloskop.



Gambar 4.3 Bentuk Sinyal yang di deteksi oleh Osiloskop

Terlihat pada gambar 4.3 bentuk sinyal yang keluar sesuai dengan harapan yaitu bentuk sinyal sinusoid. Hal ini menandakan bahwa blok ini masih berkerja dengan cukup baik.

Selanjutnya, untuk mengetahui nilai frekuensi dari sinyal keluaran dari blok ini, avometer digunakan sebagai alat pengukurnya. Gambar 4.4 adalah alat yang digunakan untuk mengambil nilai frekuensi keluaran dari filter.



Gambar 4.4 Avometer

Alat ini merupakan multimeter digital yang dapat menghitung berapa frekuensi yang masuk baik untuk AC maupun DC. Dengan menggunakan avometer ini dilakukan pengambilan data. Data yang telah diambil disajikan dalam Tabel 4.1

Orang	Pengambilan		Range f Terukur (Hz)	Tegangan
	Ke			
1	1		310 – 360	9 - 11 mV
		2	210 – 300	9 - 11 mV
		3	230 – 300	8 - 10 mV
2	1		230 – 300	8 - 10 mV
		2	270 – 330	9 - 10 mV
		3	210 – 300	9 - 10 mV

Tabel 4.1 Data keluaran filter

Tabel 4.1 adalah data pengukuran. Cara pengambilan datanya adalah dengan mengarahkan transmitter ke arah ibu jari dengan membentuk sudut 45 derajat. Dengan mengarahkannya segaris lurus dengan fetal Doppler.

Data yang telah ditampilkan menghasilkan untuk orang pertama menghasilkan frekuensi yang tidak berbeda jauh antara pengambilan berikut-bekutnya. Begitu pula dengan orang kedua. Data yang telah diambil ini memperlihatkan dengan jelas bahwa blok ini masih berfungsi dengan baik karena frekuensi rencana yang akan dilewatkan mempunyai range antara 37 – 407 Hz.

#### 4.1.3 Non-Inverting Amplifier

Rangkaian ini berguna untuk menaikkan level tegangan. Seperti yang telah diketahui sebelumnya bahwa nilai tegangan yang dikeluarkan oleh filter cukup kecil. Oleh karena itu, perlu adanya penguatan level tegangan agar selanjutnya tegangan ini cukup untuk diubah kedalam logika 1 atau 0.

Rangkaian ini di ujicobakan melalui tegangan yang dikeluarkan oleh Non-Inverting Amplifier. Tegangan ini harus sesuai atau mendekati perhitungan berdasarkan Persamaan 3.3. tegangan ini nanti akan diolah komparator untuk diubah ke sinyal 0 dan 1.

#### 4.1.4 Komparator

Rangkaian ini digunakan untuk menghasilkan nilai logic yang nantinya akan diolah mikon. LM 311 yang digunakan sebagai komparator sudah mulai dapat mendeteksi logika 0 atau 1 dengan perbedaan 0 dan 1. tegangan yang digunakan sebagai pembatas agar LM 311 dapat menghasilkan logika 0 dan 1 adalah kurang lebih  $1/2$ nya dari tegangan yang dikeluarkan oleh non-inverting amplifier.

Pada tengangan referensi dilakukan pengujian nilai tengangan apakah sudah sesuai dengan harapan. Berdasarkan karakteristik LM 311, keluaran yang dipakai adalah keluarak kolektor sedangkan keluaran emitter ditanahkan.

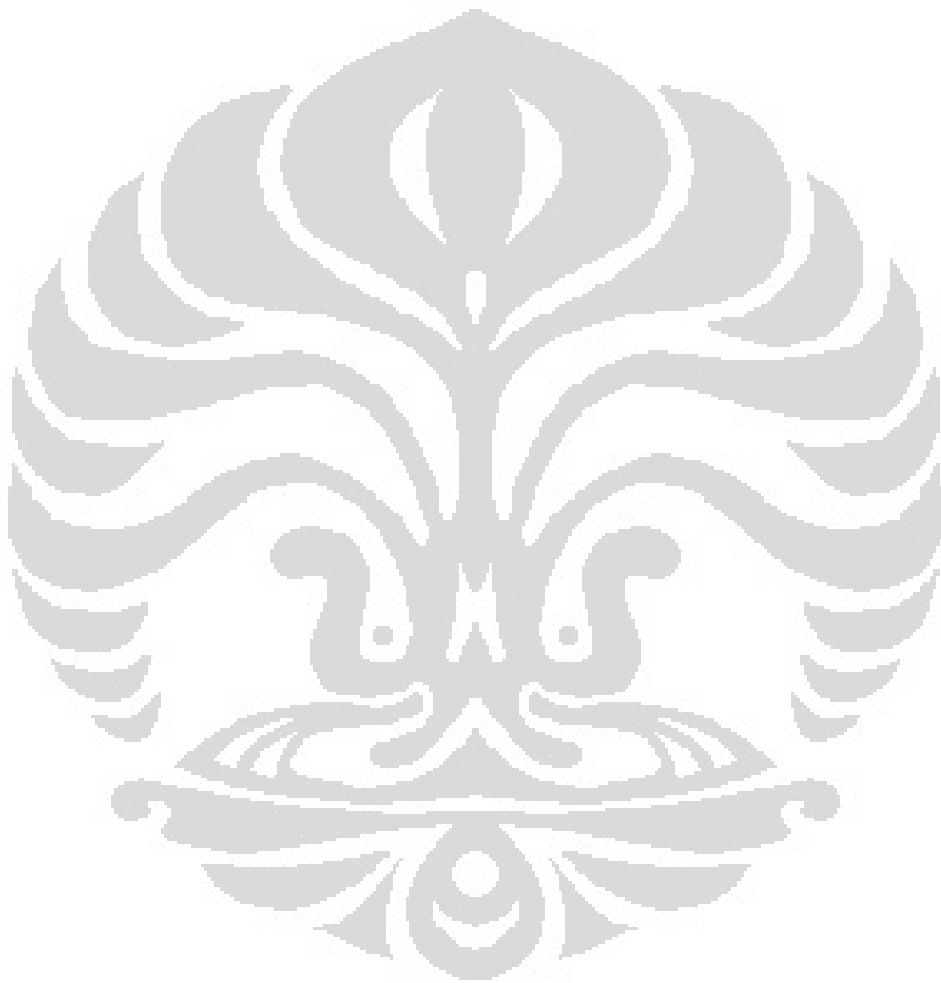
#### 4.1.5 Mikrokontroller

Blok ini digunakan sebagai pengolahan data yang informasinya dikeluarkan oleh komparator. Sinyal yang masuk ke dalam mikon sudah diubah ke dalam bentuk sinyak 1 dan 0. sinyal ini masuk ke dalam Port B.0. Saat sinyal port B.0 ini dimasukkan sinyak, Timer 0 akan aktif. Timer 0 ini digunakan sebagai penghitung pulsa naik. Oleh karena itu, sebelumnya dicek apakah tegangan yang terdapat pada port B.0 mengindikasikan bahwa telah diset sebagai input. Pengaturan PB.0 sebagai input yaitu dari DDRB yang pada bit pertama diberikan nilai 0. maka dari itu, tegangan yang seharusnya keluar adalah mendekati ground atau 0 volt atau berdasarkan referensi sekitar 0.7 V.

Selain itu Timer 1 juga dipakai sebagai penghitungan waktu. Timer 1 ini akan berhenti saat timer 0 sudah menghitung jumlah pulsa pada nilai tertentu. Maka akan didapatkan waktu yang digunakan untuk menghitung jumlah pulsa itu.

Untuk mendapatkan frekuensi, maka mikon akan menghitung berdasarkan jumlah pulsa dan waktu yang telah didapatkan sebelumnya. Selanjutnya frekuensi ini akan diolah kembali oleh mikon untuk mendapatkan nilai sebagai representasi kecepatan darah. Nilai ini

selanjutnya akan ditampilkan ke LCD melalui port D yang sebelumnya telah diinisialisasi sebagai output melalui programnya.

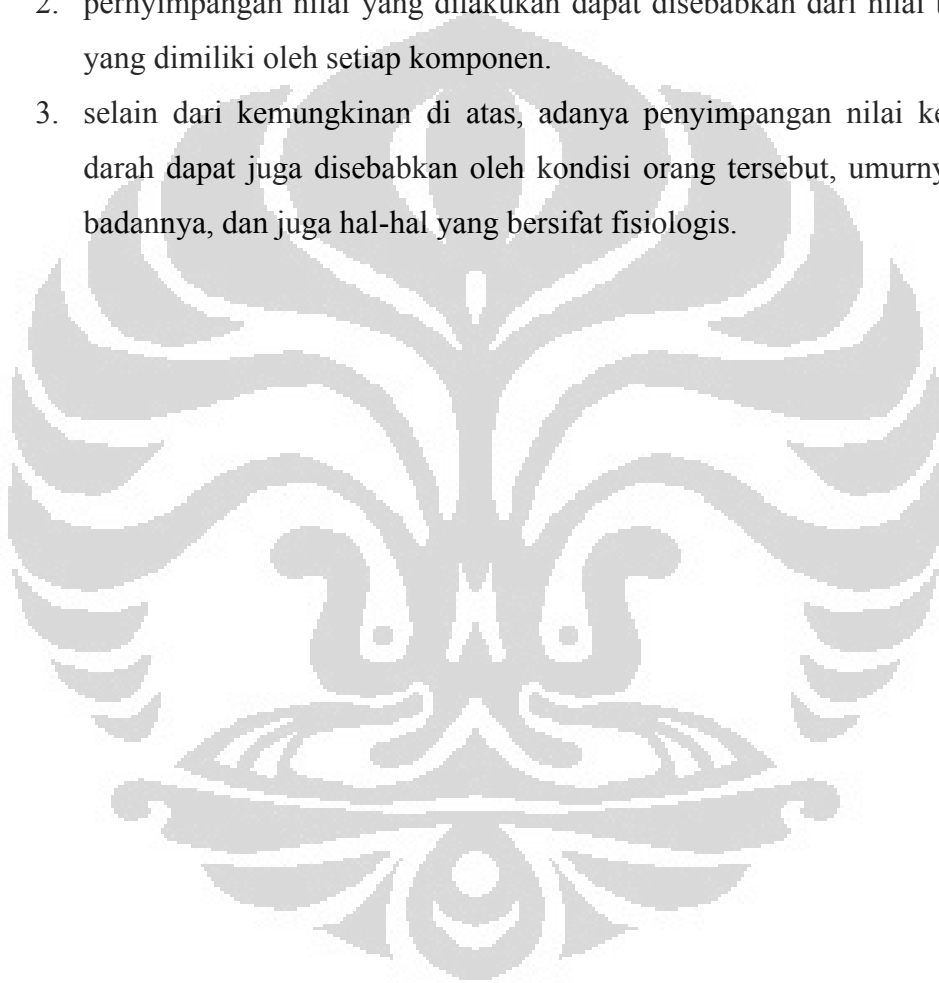


## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil rancang bangun dan analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. sinyal pantulan yang dihasilkan masih mempunyai frekuensi yang bermacam-macam.
2. penyimpangan nilai yang dilakukan dapat disebabkan dari nilai toleransi yang dimiliki oleh setiap komponen.
3. selain dari kemungkinan di atas, adanya penyimpangan nilai kecepatan darah dapat juga disebabkan oleh kondisi orang tersebut, umurnya, berat badannya, dan juga hal-hal yang bersifat fisiologis.



## DAFTAR ACUAN

- [1]<http://staff.ui.ac.id/internal/139903001/material/FISIOLOGIPEMBULUHDARAH.pdf>, diakses pada tanggal 8 Maret 2011
- [2]Laboratory Skill “Pemeriksaan Penunjang Diagnostik Hematologi Rutin”.  
Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya
- [3] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/24578/4/Chapter%20II.pdf>,  
diakses pada tanggal 1 Maret 2011
- [4]<http://www.tutorvista.com/biology/structure-of-blood>
- [5][\[http://en.wikipedia.org/wiki/Doppler\\_effect\]](http://en.wikipedia.org/wiki/Doppler_effect)
- [6]Azhari, Haim. 2010. *Basics of Biomedical Ultrasound for Engineers*. John Wiley & Sons, Inc. Page 271-274
- [7]ATmega8535 datasheet.
- [8]Carter Bruce. *Application Report “Filter Design in Thirty Seconds”*. Texas Instruments.

## LAMPIRAN

Bahasa C yang dimana digunakan untuk menghitung frekuensi sinyal yang masuk dan juga menampilkannya ke PC melalui USART

```
#include <mega8535.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

unsigned int f_count; //bikin variabel pencacah frekuensi
unsigned char jml_freq[5]; //bikin string untuk ngubah f_count ke string buat
ditampilin di usart lewat puts(). kalo masih dalam bentuk f_count ga bisa
ditampilin ke usart

void enter(void) //karakter enter
{
    putchar(13);
    putchar(10);
}

interrupt [EXT_INT0] void ext_int0_isr(void)
{
    f_count++;
}

void main(void)
{
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    GICR|=0x40;
    MCUCR=0x03;
    MCUCSR=0x00;
    GIFR=0x40;

    UCSRA=0x00;
    UCSRB=0x08;
    UCSRC=0x86;
    UBRRH=0x00;
    UBRRL=0x47; //setingan usart, baud rate 9600, data bit 8, parity none, bit
stop 1

    #asm("sei")

    while (1)
```



```
    {  
        delay_ms(1000);  
        itoa(f_count, jml_freq);  
        puts(jml_freq);  
        enter();  
        f_count = 0;  
    };  
}
```

