



TUGAS AKHIR - TF 090362

**PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DENYUT
JANTUNG BERBASIS ARDUINO DENGAN
SENSOR PHOTODIODA-LED**

CANDRA FAISAL RAKHMAN
NRP 2408 030 024

Dosen Pembimbing
Ir. Zulkifli, M.sc

Prodi D3 Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TF 090362

**MANUFACTURE OF AN ARDUINO BASED
HEART RATE MEASUREMENT WITH
PHOTODIODE-LED SENSOR**

CANDRA FAISAL RAKHMAN
NRP 2408 030 024

Supervisor
Ir. Zulkifli, M.sc

D3 Instrumentation Engineering
Engineering Physics Department
Technology of Industrial Faculty
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2014




**PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DENYUT
JANTUNG BERBASIS ARDUINO DENGAN SENSOR
PHOTODIODA-LED**

Oleh :

CANDRA FAISAL, R
NRP. 2408 030 024

Disetujui oleh :

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Zulkifli, M.sc....  ... (Pembimbing)
2. Ruri Agung Wahyuono, ST, MT  ... (Penguji I)
3. Ir. Yerri Susatio ST, MT.....  ... (Penguji II)

**SURABAYA
MARET 2014**

PEMBUATAN ALAT PENGUKUR DENYUT JANTUNG BERBASIS ARDUINO DENGAN SENSOR PHOTODIODA-LED

Nama Mahasiswa : Candra Faisal Rakhman
NRP : 2408 030 024
Program Studi : D3 Teknik Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Pembimbing : Ir. Zulkifli,M.sc

Abstrak

Alat pengukur sinyal kelistrikan jantung yang disebut Elektrokardiografi saat telah mulai dikembangkan dalam ukuran yang kecil. Maka Rancang bangun alat pengukur denyut jantung berbasis mikrokontroler *Arduino* adalah alat yang bertujuan untuk mengukur sinyal kelistrikan jantung dengan ukuran yang kecil atau *portable*.

Dalam perancangan ini menggunakan sensor penerima *photodiode* dan alat menggunakan rangkaian penguat instrument.

Dari alat yang dibuat telah dapat menangkap sinyal kelistrikan dari jantung. Dengan menggunakan rangkaian penguat instrument.

Ada banyak cara untuk mengetahui kondisi jantung sebagai organ vital dalam tubuh kita. Salah satunya dengan Photoplethysmograph (PPG). Photoplethysmograph merupakan perangkat yang digunakan untuk menentukan perubahan volume darah. PPG juga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan seseorang. Selain itu alat ini dapat mengukur denyut jantung dan dapat mengukur tekanan darah dalam waktu tertentu, dengan mengukur perubahan volume.

Pada Tugas Akhir ini direalisasikan Photoplethysmograph (PPG) berbasis LCD.

Sensor tersusun atas *infrared* dan *Photodiode* yang ditempatkan pada jari tangan. Sinyal yang dipancarkan *photodiode* diterima oleh *infrared*. Sinyal yang diterima LED infra berubah-ubah sesuai perubahan volume darah, karena sinyal yang diterima amplitudonya sangat kecil dan mengandung noise maka perlu dikuatkan. Kemudian sinyal analog tersebut diinputkan mikrokontroler. Selanjutnya data dikirim dalam bentuk digital dan ditampilkan LCD.

Setelah dilakukan pengujian, perangkat PPG digital yang telah direalisasikan dapat bekerja dengan baik dalam menampilkan grafik sinyal PPG, sinyal sudah bersih dari noise, dapat menghitung detak jantung tiap menit, dan sistem bersifat realtime. Dari hasil pengujian menghitung detak jantung permenit, PPG teruji akurat dengan pembandingan denyut nadi perhitungan manual dengan nilai kesalahan 1% – 5,2%.

Kata Kunci: Pembuatan Alat Pengukur Denyut Jantung Berbasis Arduino, Photoplethysmograph (PPG)

MANUFACTURE OF AN ARDUINO BASED HEART RATE MEASUREMENT WITH PHOTODIODE-LED SENSOR

Name of Student : Candra Faisal Rakhman
NRP : 2408 030 024
Study Program : *D3 Instrumentation Engineering*
Department : *Engineering Physics FTI-ITS*
Pembimbing : Ir. Zulkifli,M.sc

Abstract

Cardiac electrical signal measuring device called electrocardiography when it has begun to be developed in small sizes. So the design of a heart rate measuring device based on the microcontroler Arduino is a tool that aims to measure the electrical signal of the heart with a small or portable size.

In this design using a photodiode receiver sensor and the tool using an instrument amplifier circuit. From the tool that is made it can capture the electrical signal from the heart. By using an instrument amplifier circuit.

There are many ways to determine the condition of the heart as a vital organ in our body. One of them is the Photoplethysmograph (PPG). Photoplethysmograph is a device used to determine changes in blood volume. PPG can also be used to determine a person's health condition. In addition, this tool can measure heart rate and can measure blood pressure within a certain time, by measuring changes in volume.

In this final project, an LCD-based Photoplethysmograph (PPG) was realized. The sensor is composed of infrared and photodiodes which are placed on the fingers. The signal emitted by the photodiode is received

by infrared. The signal received by the infrared LED varies according to changes in blood volume, because the signal received has a very small amplitude and contains noise, it needs to be strengthened. Then the analog signal is inputted by the microcontroller. Then the data is sent in digital form and displayed on the LCD.

After testing, the digital PPG device that has been realized can work well in displaying the PPG signal graph, the signal is clean from noise, can calculate the heart rate per minute, and the system is realtime. From the test results to calculate the heart rate per minute, PPG was tested accurately with a manual pulse rate comparison with an error value of 1% - 5.2%.

Keywords: Making Heart Rate Measurement Tool Based on Arduino, Photoplethysmograph (PPG)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, Dengan di selesaikannya Tugas akhir ini maka tuntas sudah studi penulis dalam menempuh studi diploma.

Selama proses perkuliahan disini saya sangat terkesan dengan lingkungan yang kondusif dalam upaya membangun lulusan yang tidak hanya terampil dalam hal teknis namun juga memiliki integritas dalam menjalankan tugas dan tanggung jawab keesokan harinya. Selama proses belajar dikampus, saya mendapatkan banyak sekali pelajaran yang tidak hanya secara akademik namun juga tentang persaudaraan. Belajar dikampus ini sangat memberikan dampak yang luar biasa dalam diri saya terutama tentang hal-hal teknis yang ketika duduk dibangku sekolah menengah sangat jarang dilakukan. terselesaikannya Tugas akhir ini juga sangat di ilhami dari kebutuhan masyarakat akan kebutuhan akses data mengenai kesehatan dalam hal ini tentang jantung. Maka lahirlah alat Tugas akhir saya yang berjudul “Pembuatan Alat Pengukuran Denyut Jantung Berbasis Arduino Dengan Sensor Photodiode-LED. Kiranya dengan adanya ide mengenai Alat pengukuran semacam ini dapat mengilhami mahasiswa atau komponen masyarakat untuk merancang Alat yang efektif dan efisien.

Tentunya alat ini akan lebih baik bila dikembangkan lagi dengan kalibrasi dan pengendalian error yang lebih akurat.

Surabaya, 12 Februari
2014

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	2
1.6 Metodologi Penelitian.....	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1 Prinsip Kerja Jantung.....	5
2.2 <i>Lead</i> Pada Tubuh manusia.....	7
2.3 Sensor <i>Photodiode-Infrared</i>	10
2.4 Penguat sinyal <i>Photodioda</i>	15
2.5 <i>Physical Computing</i>	17
2.6 Mikrokontroler berbasis Arduino.....	18
2.7 Penggunaan Mikrokontroler <i>Arduino</i>	19
2.8 Bagian-bagian papan <i>Arduino</i>	22
BAB III RANCANG BANGUN ALAT	
3.1 Blok diagram perancangan alat.....	25
3.2 Prinsip Kerja.....	27
3.3 Perancangan peletakan sensor.....	27
3.4 Pembuatan Perangkat keras.....	28
3.5 Pembuatan Perangkat lunak.....	29

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA

4.1 Komponen Percobaan.....31
4.2 Perhitungan *Error*.....35

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....37
5.2 Saran.....37

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jantung Manusia.....	6
Gambar 2.2 Posisi penempatan elektroda pada tangan dan kaki.....	8
Gambar 2.3 Sinyal Ekg normal dalam BPM.....	9
Gambar 2.4 Lambang <i>Photodioda</i>	10
Gambar 2.5 <i>Infrared</i>	10
Gambar 2.6 Sensor <i>Photodioda-Infrared</i>	12
Gambar 2.7 Bentuk Gelombang listrik jantung.....	12
Gambar 2.8 Segitiga Eithoven.....	14
Gambar 2.9 Grafik Impedansi pada kulit.....	14
Gambar 2.10 Hubungan kerja jantung dengan gelombang-terjemahan dari EKG.....	15
Gambar 2.11 Sirkuit Op-amp.....	16
Gambar 2.12 Mikrokontroler Arduino.....	19
Gambar 2.13 Papan board arduino USB.....	20
Gambar 2.14 Blok diagram Arduino.....	21
Gambar 2.15 Papan <i>I/O Arduino USB</i>	22
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas akhir.....	25
Gambar 3.2 Alur kerja alat.....	26
Gambar 3.3 Titik Peletakan sensor.....	28
Gambar 3.4 Skema rangkaian.....	29
Gambar 3.5 Arduino software.....	30
Gambar 4.1 Sinyal analog alat pada osiloskop.....	31
Gambar 4.2 Grafik denyut jantung terhadap usia.....	32
Gambar 4.3 Grafik denyut nadi tangan.....	33
Gambar 4.4 Grafik denyut jantung terhadap sensor- <i>electrode</i>	35

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengambilan Data denyut jantung sebelum-aktifitas.....	32
Tabel 4.2 Pengambilan data denyut nadi tangan.....	33
Tabel 4.3 Tabel denyut jantung keluaran sensor- <i>electrode</i>	34
Tabel 4.4 Tabel <i>error</i> alat.....	36

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan merupakan sesuatu hal yang sangat perlu diperhatikan. Namun pada kenyataannya masih banyak masyarakat yang kurang peduli akan kesehatannya, salah satunya adalah kesehatan pada jantung. Padahal penyakit jantung merupakan penyebab kematian nomor satu di dunia saat ini. Jantung sendiri adalah organ yang sangat penting bagi tubuh manusia karena mengedarkan darah ke seluruh tubuh dan juga mengedarkan sari makanan dan oksigen ke seluruh tubuh manusia, selain itu Jantung merupakan organ tubuh manusia yang tidak akan berhenti beraktifitas.

Alat-alat medis yang terdapat pada rumah sakit harganya sangat mahal, oleh karena itu dilakukan suatu perancangan alat pengukur denyut jantung berbasis mikrontroler arduino yang *portable*, mudah digunakan, dan tidak membutuhkan biaya yang cukup tinggi. Pada perancangannya, sinyal jantung akan di tangkap oleh sensor *photodiode* kemudian akan diolah oleh rangkaian pengkondisian sinyal yang di dalam rangkaian tersebut terdapat sebuah penguat instrument

Mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data analog menjadi data digital. mikrokontroler sangat mudah penggunaanya dan komponennya sangat mudah didapatkan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut terdapat permasalahan adalah sebagai berikut:

- Bagaimana merancang sebuah alat pengukur denyut jantung yang sederhana dan mudah digunakan.
- Bagaimana merancang suatu alat pengukur denyut jantung yang *portable* yang ukuranya kecil

1.3 Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam perancangan alat pengukur denyut jantung menggunakan mikrokontroler arduino adalah sebagai berikut:

- Sistem pengukuran denyut jantung menggunakan sensor *photodiode*.
- Sistem pengolahan sinyal yang di hasilkan sensor yang akan diolah oleh mikrokontroler.
- Kriteria pengukuran dibatasi pada denyut jantung orang normal yang pada kondisi tidak sedang beraktivitas berkisar antara 60-80 *bpm* (*beat per menit*).

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk merancang dan membuat alat pengukur denyut jantung menggunakan sensor *photodiode* yang sangat sederhana dan mudah di gunakan, alat tersebut ukurnya kecil sehingga mudah untuk di bawa dan juga mudah digunakan.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Metode dan hasil penelitian tugas akhir adalah agar memudahkan masyarakat untuk dapat memantau kesehatan jantungnya, dikarenakan menggunakan alat yang sangat mudah dan ukuranya yang kecil serta pembuatanya dengan harga yang terjangkau. dan terakhir adalah dapat menerapkan ilmu yang telah didapat dan mererapkannya pada sebuah alat yaitu alat pengukur denyut jantung

1.6 Metodologi Penelitian

Metodologi yang dilakukan dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah:

- Studi Literatur.
Studi literatur yang dilakukan meliputi beberapa hal antara lain yaitu mempelajari sensor *photodiode* serta sinyal yang dihasilkan oleh sensor tersebut sehingga

dapat di olah oleh Mikrokontroler setelah masuk rangkaian pengkondisian sinyal.

- Pengumpulan Data.
Pengumpulan data yang dilakukan meliputi beberapa hal, antara lain yaitu parameter *input* data yang masuk pada sensor *photodiode* yang nantinya hasil sinyal dari sensor tersebut akan di olah dengan rangkaian pengkondisian sinyal agar output yang di keluarkan sesuai dengan input yang sesuai Mikrokontroler sehingga sinyal yang di hasilkan dapat diolah.
- Perencanaan dan Pembuatan Alat.
Perencanaan dan pembuatan alat meliputi beberapa hal, antara lain perancangan dan pembuatan rangkaian elektrik pengkondisian sinyal serta pembuata mekanik untuk penempatan alat, dan terakhir pembuatan progam pengolah data..
- Penggunaan mikrokontroler
Mikrokontroler pada alat yang telah dibuat adalah sebagai pengolah sinyal yang di hasilkan oleh sensor *photodiode*. Kemudian sinyal dari sensor tersebut dikonversi menjadi data, dan pengolahan progam pada mikrokontroler menggunakan bahasa C.

1.7 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang dipakai pada penulisan tugas akhir ini terdiri atas 5 (lima) bab. Dimulai dengan bab satu (pendahuluan) yang membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat tugas akhir, metodologi penelitian, dan sistematika laporan. Bab dua (teori penunjang) berisikan teori penunjang yang dipakai sebagai rujukan dalam penyelesaian masalah tugas akhir ini. Bab tiga (perancangan dan pembuatan alat) berisikan langkah-langkah dalam pembuatan elektrik dan pembuatan progam pengolah sinyal. Bab empat (pengujian alat dan analisa) berisikan tentang langkah – langkah dalam pengujian alat serta analisisnya. Bab

lima (kesimpulan dan saran) merupakan kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil penelitian kemudian pengujian alat serta saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

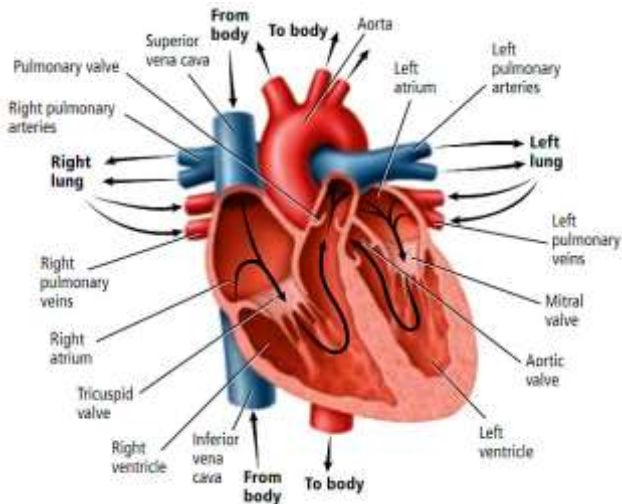
TEORI PENUNJANG

2.1 Prinsip Kerja Jantung

Jantung adalah salah satu organ vital tubuh yang berperan dalam sistem peredaran darah. Fungsi jantung yakni sebagai pemompa darah pada sistem peredaran darah. Dimana jantung terbagi menjadi 4 ruang. Ventrikel kanan, Ventrikel kiri, Atrium kanan dan Atrium kiri. Ventrikel berfungsi sebagai pemompa utama sedangkan atrium berfungsi untuk menyimpan darah selama ventrikel memompa. Fasa pengisian dalam siklus jantung dikenal sebagai diastole. Kontraksi ventrikel atau fasa pemompaan disebut systole. Ukuran jantung manusia kurang lebih sebesar kepalan tangan. Jantung merupakan suatu otot tunggal yang terdiri dari lapisan endothelium. Jantung terletak di dalam rongga torakik, di balik tulang dada. Struktur jantung berbelok ke bawah dan sedikit ke arah kiri. Jantung hampir sepenuhnya diselubungi oleh paru-paru, namun tertutup oleh selaput ganda yang bernama perikardium, yang tertempel pada diafragma. Lapisan pertama menempel sangat erat kepada jantung, sedangkan lapisannya lebih longgar dan berair, untuk menghindari gesekan antar organ dalam tubuh yang terjadi karena gerakan memompa konstan jantung. Jantung dijaga di tempatnya oleh pembuluh-pembuluh darah yang meliputi daerah jantung yang merata/datar, seperti di dasar dan di samping. Dua garis pembelah (terbentuk dari otot) pada lapisan luar jantung menunjukkan di mana dinding pemisah di antara serambi dan bilik jantung

Denyut jantung terjadi karena adanya isyarat listrik akibat rangsangan secara spontan oleh simpul SA, yaitu sel-sel khusus yang terdapat pada atrium kanan. Dimana Isyarat listrik tersebut menyebabkan depolarisasi otot jantung atrium dan memompa darah ke ventrikel yang kemudian diikuti oleh repolarisasi otot atrium dan kemudian dilanjutkan isyarat listrik ke simpul AV yang menyebabkan depolarisasi ventrikel (kanan dan kiri) berkontraksi membuat darah terpompa ke dalam arteri pulmonalis

dan ke aorta, selanjutnya syaraf pada ventrikel dan oto ventrikel mengalami repolarisasi dan mulai kembali isyarat listrik dari simpul SA .



Gambar 2.1 Jantung manusia

Cara kerja jantung adalah pada saat berdenyut setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (disebut diastol). Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar dari ruang jantung (disebut sistol). Kedua serambi mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, dan kedua bilik juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan. Darah yang kehabisan oksigen dan mengandung banyak karbondioksida (darah kotor) dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena terbesar (vena kava) menuju ke dalam atrium kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, ia akan mendorong darah ke dalam ventrikel kanan melalui katup trikuspidalis. Darah akan mengalir melalui pembuluh yang sangat kecil (pembuluh kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru, menyerap oksigen, melepaskan karbondioksida dan

selanjutnya dialirkan kembali ke jantung. Darah yang kaya akan oksigen mengalir di dalam vena pulmonalis menuju ke atrium kiri. Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut *sirkulasi pulmoner* karena darah dialirkan ke paru-paru.

2.2 Lead Pada Tubuh manusia

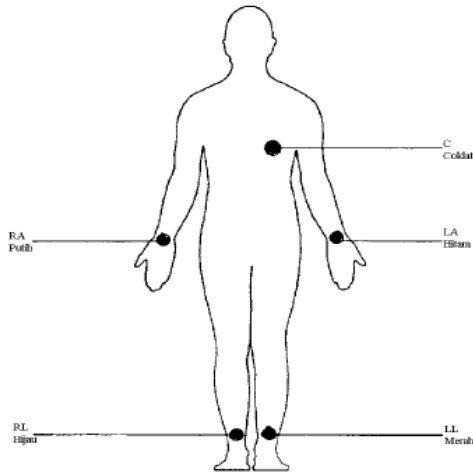
Potensial elektrik yang dibangkitkan oleh jantung teramati pada tubuh dan pada permukaannya. Beda potensial dapat ditentukan dengan memasang elektroda pada permukaan tubuh dan mengukur tegangannya.

Penempatan sebuah sensor elektroda pada tubuh yang berkombinasi pada tubuh manusia bermacam-macam dalam penempatannya, akan tetapi pada umumnya yang di tempatkan pada tubuh manusia ada 12, 5 atau 3. Elektroda sendiri bermacam macam bentuknya. Tiap elektroda diberi warna untk membedakan letak dan mempercepat pemasangan pada pasien. Kemudian ECG memilih pasangan lead dari elektroda yang terpasang. Beberapa jenis *lead* dalam elektrokardiograf yaitu, *Lead* bipolar (standar) , *lead* unipolar , *lead* dada unipolar , *lead* lambung unipolar.

Untuk *lead* Bipolar, disebut bipolar karena terdapat positif dan negatif. *Lead* ini meletakkan elektroda pada lambung. Pada *lead* I, elektroda positif dilekatkan pada lengan kiri dan elektroda negatif pada lengan kanan. Pada *lead* II, elektroda positif dilekatkan pada kaki kiri dan elektroda negatif pada tangan kanan. Sedangkan *lead* III melekatkan elektroda positif pada kaki kiri dan elektroda negatif pada tangan kiri (1). Singkatnya, posisi *lead* ini dapat dideskripsikan sebagai berikut :

- a. *Lead* I = tangan kiri minus tangan kanan (LA-RA)
- b. *Lead* II = kaki kiri minus tangan kanan (LL-RA)
- c. *Lead* III = kaki kiri minus tangan kiri (LL-LA)

Kemudian didapatkan jika *lead* II bernilai sama dengan jumlah *lead* I dan *lead* III. Berikut gambar penempatan posisi lead:



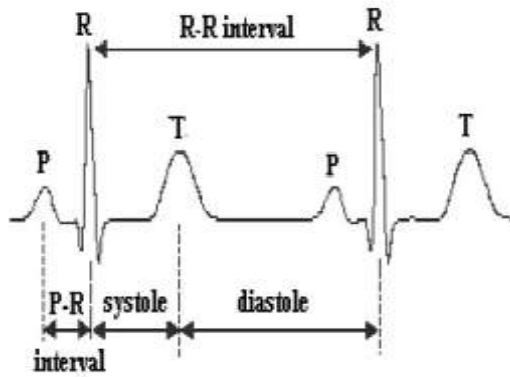
Gambar 2.2 Posisi penempatan elektroda pada tangan dan kaki

Pada jantung manusia denyut jantung menghasilkan sinyal kelistrikan yang nilainya sangat kecil. Sinyal kelistrikan jantung ini dalam dunia medis biasa diambil melalui EKG (*elektrokardiograf*) dengan memasang elektroda pada *lead* tubuh manusia. Sinyal EKG mempunyai tegangan sampai 5mV dan rentang frekuensi 0,5-100 Hz. Sinyal *elektrokardiograf* mempunyai bentuk spesifik sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kondisi kesehatan jantung oleh ahli jantung. Sinyal EKG direkam menggunakan perangkat *elektrokardiograf*. Proses terjadinya sinyal EKG pada jantung dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Vektor depolarisasi (terjadi perubahan muatan listrik) kontraksi atrium dari sinus atrialis ke *nodulus atrio ventricularis*, saat terjadi menimbulkan gelombang P.
- Gelombang R tanda akhir dari kontraksi atria dan awal dari kontraksi ventrikel.

- Vektor yang timbul karena depolarisasi ventrikel membangkitkan *QRS kompleks*.
- Vektor menimbulkan gelombang T disebabkan repolarisasi ventrikel.
- Interval P-R adalah menandakan waktu dari permulaan kontraksi atrial sampai permulaan kontraksi ventrikel
- Interval R-T menunjukkan kontraksi otot (*ventricel systole*), dan interval T-R menunjukkan adanya relaksasi otot (*ventricel diastole*).

Sebuah gelombang EKG normal dalam hitungan satu *bpm* (*beat per menit*) digambarkan dalam bentuk sebagai berikut :



Gambar 2.3 Sinyal EKG normal dalam satuan *bpm*
2.3 Sensor Photodiode-Infrared

Photodiode adalah diode yang bekerja berdasarkan intensitas cahaya, dimana jika photodiode terkena cahaya maka photodiode bekerja seperti diode pada umumnya, tetapi jika tidak mendapat cahaya maka photodiode akan berperan seperti resistor dengan nilai tahanan yang besar sehingga arus listrik tidak dapat mengalir.



Gambar 2.4 Lambang photodioda

Simbol dan bentuk photodioda hampir sama dengan LED, tetapi pada simbol photodioda arah dua panahnya menghadap ke dalam. Photodioda banyak digunakan sebagai sensor cahaya dalam dunia elektronika, karena sifatnya yang peka terhadap cahaya.

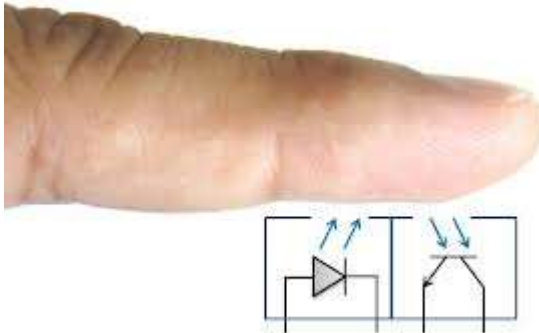


Gambar 2.5 Infrared

Inframerah adalah radiasi elektromagnetik dari panjang gelombang lebih panjang dari cahaya tampak, tetapi lebih pendek dari radiasi gelombang radio. Namanya berarti "bawah merah" (dari bahasa Latin infra, "bawah"), merah merupakan warna dari cahaya tampak dengan gelombang terpanjang. Radiasi inframerah memiliki jangkauan tiga "order" dan memiliki panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm. Inframerah ditemukan secara tidak sengaja oleh Sir William Herschell, astronom

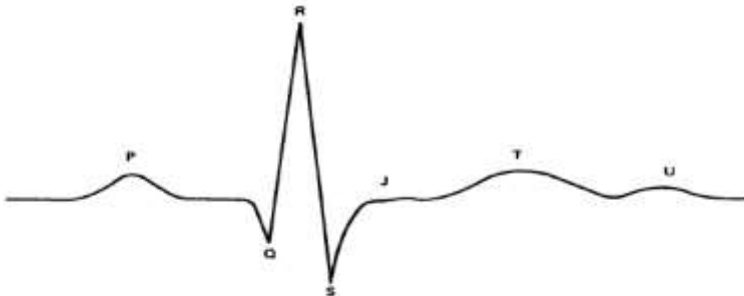
kerajaan Inggris ketika ia sedang mengadakan penelitian mencari bahan penyaring optik yang akan digunakan untuk mengurangi kecerahan gambar matahari dalam tata surya teleskop. Sedangkan pembangkit sinar infrared ini adalah sebuah dioda LED . Secara kasat mata , cahaya infrared tidak dapat dilihat.

Dalam perkembangan teknologi kedokteran yang semakin pesat, sehingga para pasien penyakit tidak menggunakan elektrode skin yang dipasang atau di tempelkan pada posisi jantung manusia. Untuk menggantikan elektrode skin tersebut digunakan retrosensor yang terdiri dari pemancar infra red (ired) dan penerima photodiode. Dimana retrosensor ini akan diletakkan pada daerah ujung jari, untuk mendapatkan denyut jantung tersebut di karenakan bekerjanya infra red yang memantulkan cahaya ke permukaan jari dan akan diterima cahaya dari infra red tersebut oleh photodiode. Dari data yang dihasilkan photodiode ini selanjutnya diolah menggunakan filter dengan frekuensi cut-off yang sesuai dan pengkondisian rangkaian sinyal yang tepat, maka dapat dihasilkan data denyut jantung yang baik. Selanjutnya data denyut jantung tersebut dihitung dalam rang waktu (menit), maka dihasilkan heart rate dalam satuan beat per menit (bpm). Diharapkan alat ini dapat membantu para ahli medis dalam melakukan analisa kondisi jantung pasien dengan kemudahan pemasangan sensor dan heart rate yang tergambar secara grafis.



Gambar 2.6 Sensor photodiode-infrared

Setelah menangkap sinyal listrik dari jantung maka terdapat bentuk sebuah sinyal gelombang listrik yang dihasilkan oleh jantung. Berikut gambar sinyal gelombang kelistrikan yang telah di hasilkan oleh jantung



Gambar 2.7 Bentuk gelombang listrik jantung

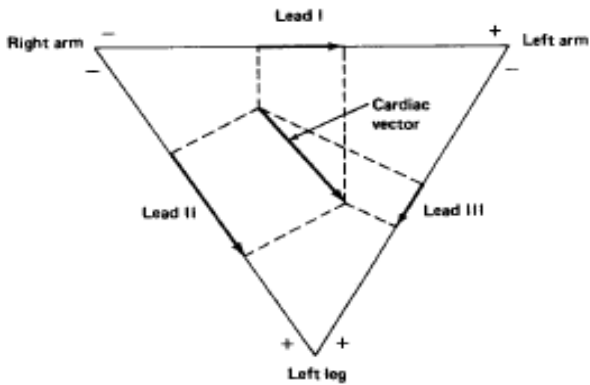
Gambar yang telah dihasilkan ini akan menunjukkan bahwa gelombang P menunjukkan depolarisasi pada otot-otot *atrial*, gelombang kompleks QRS merupakan hasil gabungan repolarisasi otot-otot atria dan juga depolarisasi *ventricules* yang terjadi pada waktu yang hampir bersamaan. Selang waktu dari P-Q menunjukkan waktu delay didalam fiber-fiber didekat node AV yang nantinya akan di ukur hasil dari sinyal keluaran jantung. Dan

sinyal tersebut juga terdapat nilai amplitudo dan durasi normal yang penting pada parameter EKG dan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Amplitudo dan durasi parameter signal *EKG*

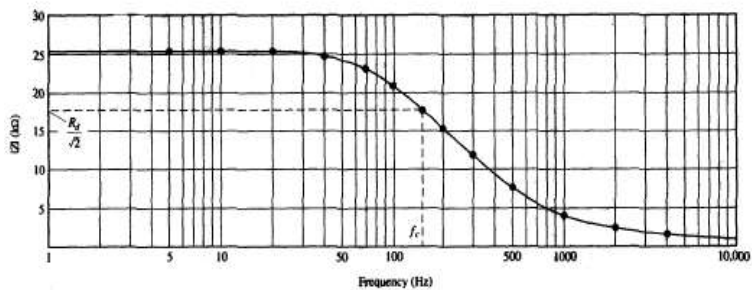
Amplituda		Durasi	
P	0.25 mV	P-Q	0.12-0.20 sec
R	1.60 mV	Q-T	0.35-0.44 sec
Q	25% x R	S-T	0.05-0.15 sec
T	0.1-0.5 mV	P	0.11 sec
		QRS	0.09 sec

Sinyal ECG yang di hasilkan oleh jantung merambat keseluruh tubuh mempunyai magnitudo dengan arah tertentu. Karena jantung yang memompa darah keseluruh tubuh pada manusia pada dasarnya akan mengeluarkan sinyal kelistrikan yang sangat kecil dan sangat mudah terganggu dengan sinyal yang terdapat diluar tubuh manusia, sehingga sinyal yang dihasilkan oleh jantung sangat mudah terpengaruh oleh sinyal lainnya dan juga sangat mudah terganggu sinyal kelistrikanya. Pada dasarnya frekuensi sinyal jantung yang terdapat pada manusia mencapai 80-100 hertz. Untuk mendeteksi sinyal ECG di tentukan titik-titik referensi pengukuran untuk menempatkan elektroda. Pengukuran sinyal ECG dilakukan dengan pemilihan tiga titik bipolar yang pertama kali diperkenalkan oleh Einthoven. Pengambilan titik referensi ini dikenal dengan segitiga Einthoven dan terlihat seperti gambar di bawah



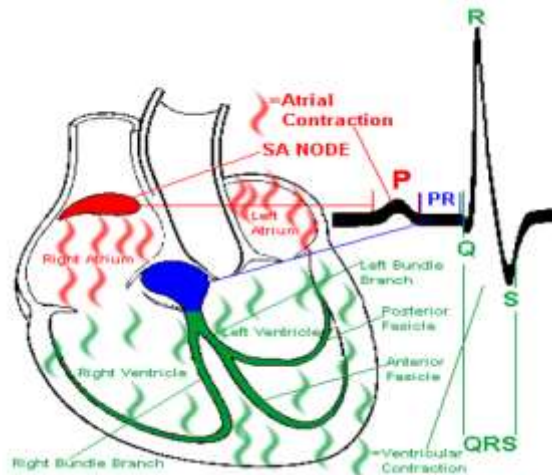
Gambar 2.8 Segitiga Eithoven

Elektroda yang diletakkan pada permukaan kulit di titik-titik pengukuran di atas. Metode ini memberikan impedansi permukaan kulit dimana besarnya tergantung pada frekuensi seperti gambar grafik yang telah di gambarkan dengan grafik pada gambardi bawah ini:



Gambar 2.9 Gambar Grafik Impedansi pada kulit

Sedangkan hubungan antara kerja jantung yang menghasilkan suatu sinyal yang sangat kecil.



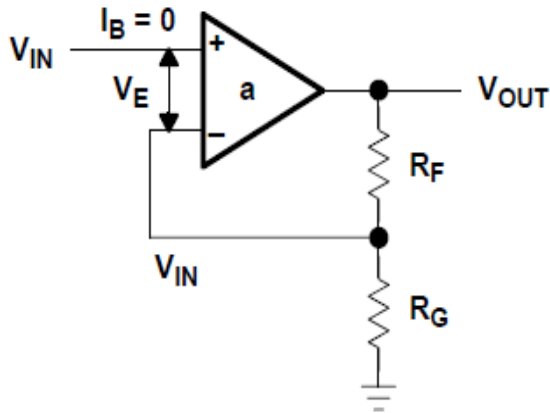
Gambar 2.10 Hubungan kerja jantung dengan gelombang terjemahan dari EKG

2.4 Penguat Sinyal *Photodiode*

Sinyal tegangan yang telah dihasilkan suatu sensor *photodiode* sangatlah kecil ukurannya yaitu mV, sehingga membutuhkan rangkaian penguat untuk dapat menguatkan tegangan yang telah di hasilkan oleh aktifitas jantung. Rangkaian penguat yang ideal adalah menggunakan rangkaian penguat instrument.

Rangkaian penguat adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai penguat suatu arus dan juga tegangan. dengan menggunakan amplifier ini berfungsi sebagai penguat sinyal-sinyal ber amplitude rendah. Rangkaian ini sebagai penguat sinyal yang telah di keluarkan oleh sensor Elektroda, dan rangkaian ini membutuhkan suatu IC *op-amp* disertai dengan resistor yang di rangkai seri kemudian terhubung dengan kaki *inverting* pada IC *op-am*, kemudian terhubung juga dengan *output*. Penguat ini sangat

di butuhkan karena keluaran ang di hasilkan oleh Elektroda sangat kecil yaitu mV,berikut gambar dari sirkuit *op-amp*:



Gambar 2.11 Sirkuit Op-amp

Rangkaian penguat operasional terpadu memiliki karakteristik yang mendekati karakteristik penguat operasional ideal tanpa perlu memperhatikan arus dan tegangan yang terdapat didalamnya. Karakteristik tersebut memiliki kriteria sebagai berikut:

- penguatan tegangan tidak terbatas
- Impedansi masukan tidak terbatas
- Impedansi keluaran nol
- Lebar pita tidak terbatas
- Keluaran akan nol jika masukan Nol
- Biaya yang terjangkau dan komponen mudah untuk didapatkan

2.5 Physical Computing

Physical computing adalah membuat sebuah sistem atau perangkat fisik dengan menggunakan software dan hardware yang sifatnya interaktif yaitu dapat menerima rangsangan dari lingkungan dan merespon balik. *Physical computing* adalah sebuah konsep untuk memahami hubungan yang manusiawi antara lingkungan yang sifat alaminya adalah analog dengan dunia digital. Pada prakteknya konsep ini diaplikasikan dalam desain alat atau projek-projek yang menggunakan sensor dan *microcontroller* untuk menerjemahkan input analog ke dalam sistem software untuk mengontrol gerakan alat-alat elektromekanik seperti lampu, motor dan sebagainya.

Pembuatan *prototype* atau *prototyping* adalah kegiatan yang sangat penting di dalam proses *physical computing* karena pada tahap inilah dilakukan eksperimen dan uji coba dari berbagai jenis komponen, ukuran, parameter, program komputer dan sebagainya berulang-ulang kali sampai diperoleh kombinasi yang paling tepat. Dalam hal ini perhitungan angka-angka dan rumus yang akurat bukanlah satu-satunya faktor yang menjadi kunci sukses didalam mendesain sebuah alat karena ada banyak faktor eksternal yang turut berperan, sehingga proses mencoba dan menemukan/mengoreksi kesalahan perlu melibatkan hal-hal yang sifatnya non-eksakta. *Prototyping* adalah gabungan antara akurasi perhitungan dan seni.

Idealnya sebuah *prototype* adalah sebuah sistem yang fleksibel dimana perancang bisa dengan mudah dan cepat melakukan perubahan-perubahan dan mencobanya lagi sehingga tenaga dan waktu tidak menjadi kendala berarti. Dengan demikian harus ada sebuah alat pengembangan yang membuat proses *prototyping* menjadi mudah. Pada masa lalu, bekerja dengan hardware berarti membuat rangkaian menggunakan berbagai komponen elektronik seperti resistor, kapasitor, transistor dan sebagainya. Setiap komponen disambungkan secara fisik dengan kabel atau jalur tembaga yang disebut dengan istilah *hard wired* sehingga untuk merubah rangkaian maka sambungan-sambungan itu harus

diputuskan dan disambung kembali. Dengan hadirnya teknologi digital dan *microprocessor* fungsi yang sebelumnya dilakukan dengan hired wired digantikan dengan program-program software. Ini adalah sebuah revolusi di dalam proses prototyping. Software lebih mudah diubah dibandingkan hardware, dengan beberapa penekanan tombol dapat merubah logika alat secara radikal dan mencoba versi ke-dua, ke-tiga dan seterusnya dengan cepat tanpa harus mengubah pengkabelan dari rangkaian.

2.6 Mikrokontroler berbasis *Arduino*

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. *Arduino* tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi juga kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment (IDE)*. *IDE* adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, *mengcompile* menjadi kode biner dan *meng-upload* ke dalam memori mikrokontroler. Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan *Arduino*, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan *Arduino*. *Arduino* lebih banyak dipakai karena lebih praktis dibandingkan platform mikrokontroler lain. *Arduinoa* bersifat *open source*, baik untuk hardware maupun *software* dari *arduino*. Diagram rangkaian elektronik *Arduino* digratiskan kepada semua orang. *Arduino* bebas dibuat komponen-komponennya, membuat PCB dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat *Arduino*. Sama halnya dengan *IDE Arduino* yang bisa *download* dan *install* pada komputer secara gratis.



Gambar 2.12 Mikrokontroler Arduino

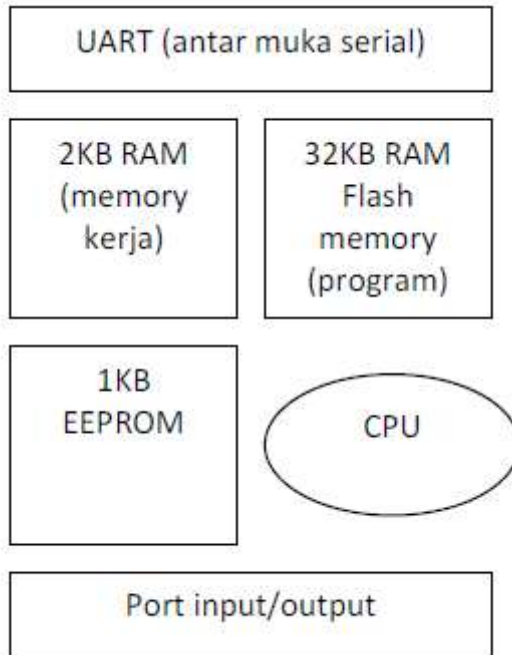
2.7 Penggunaan Mikrokontroler Arduino

Arduino yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah tipe *USB*. Arduino ini menggunakan koneksi USB untuk pemrograman atau komunikasi computer.



Gambar 2.13 Papan board arduino USB

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah mikrokontroler 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560. Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah mikrokontroler, pada gambar berikut ini merupakan blok diagram arduino.



Gambar 2.14 Blok diagram Arduino

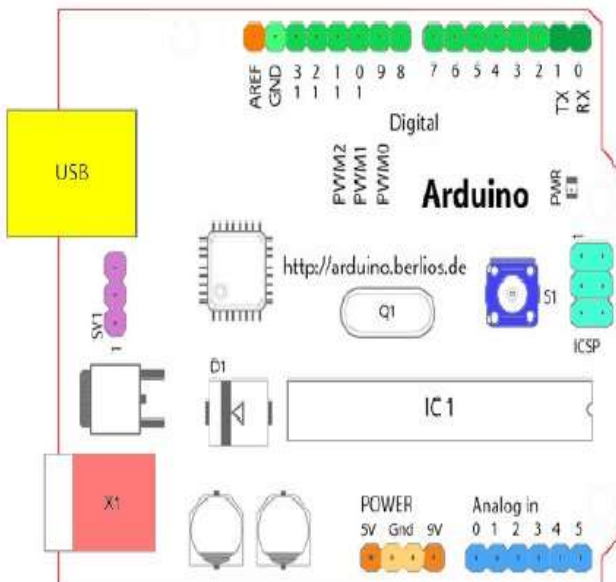
Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada memory kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variable-variabel di dalam program.
- 32KB RAM flash memory bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memory juga menyimpan *bootloader*. Bootloader adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan.

- 1KB EEPROM bersifat non-volatile, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino.
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari microcontroller untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- Port input/output, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.

2.8 Bagian-Bagian Papan Arduino

Berikut gambar papan arduino beserta pin I/O :



Gambar 2.15 Papan I/O Arduino USB

Bagian-bagian gambar dijelaskan sebagai berikut :

- Terdapat 14 pin input/output digital (0-13)

Berfungsi sebagai input atau output, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog output dimana tegangan output-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin output analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

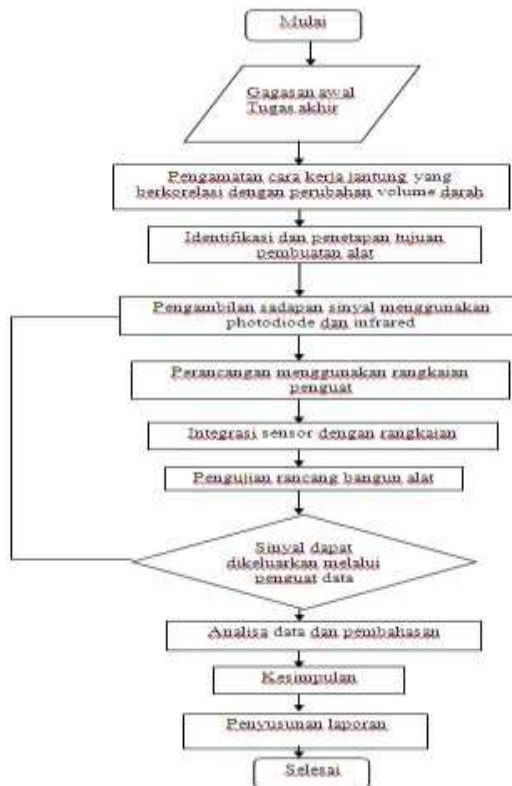
- Terdapat port USB yang berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam papan komunikasi serial antara papan dan computer.
- Sambungan atau *jumper* untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.
- Kristal (*quartz crystal oscillator*)
Jika microcontroller dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada microcontroller agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).
- Tombol reset Untuk mereset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal.
- *In-Circuit Serial Programming (ICSP)*
Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui bootloader. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.

- IC 1 – Microcontroller Atmega komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.
- Sumber daya eksternal Jika hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.
- 6 pin analog 0-5 berfungsi untuk membaca sumber tegangan yang terdapat pada sensor analog.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

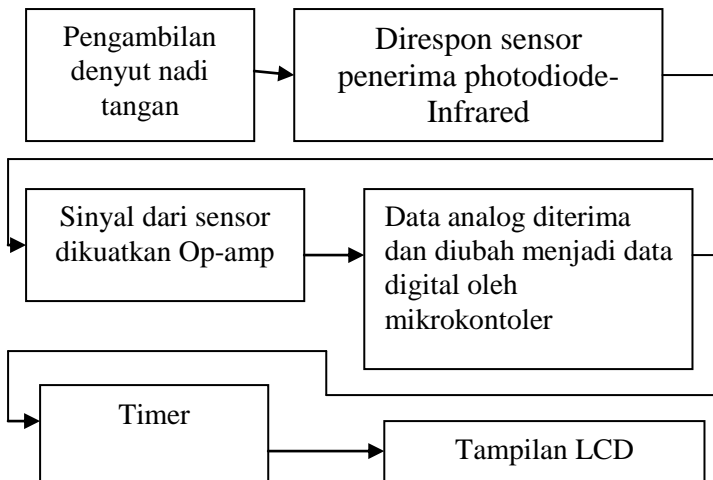
3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Adapun tahapan yang ditempuh untuk mengerjakan tugas akhir ini, tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar flowchart berikut ini:



Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Tugas akhir

Bab ini akan menjelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi penentuan komponen yang digunakan, perancangan. Dimana perangkat keras tersebut terdiri dari komponen elektronika, yaitu : Arduino 8 bit, IC LM 324, kapasitor, resistror,.Sebelum melakukan perancangan alat maka akan di lakukan pengukuran terhadap sinyal yang dihasilkan sensor Elektroda yang kemudian akan di kuatkan. Berikut adalah gambar diagram blok alat:



Gambar 3.2 Alur kerja alat

Sesuai dengan diagram blog yang di tunjukkan pada gambar 3.1,maka di butuhkan peralatan yang menunjang dalam perancangan dan pembuatan alat yang dapat di bagi dalam bagian sebagai berikut :

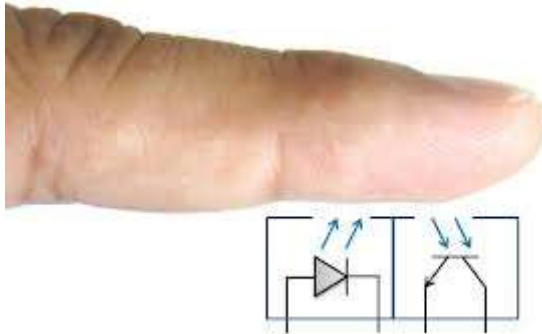
- Sensor photodiode yang menghasilkan arus dan tegangan
- Rangkaian Instrumen Amplifier penguat yang terdiri dari IC 324 sebagai penguat
- LCD sebagai tampilan visual

3.2 Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari tugas akhir yang berjudul Pembuatan Alat Pengukur Denyut Jantung berbasis Arduino dengan sensor photodiode-LED adalah pertama sensor photodiode yang menempel pada titik-titik bagian tubuh yang terdapat aliran dari jantung dan kemudian menghasilkan sinyal yang ukurannya sangat kecil mencapai mV, kemudian hasil keluaran dari sinyal photodiode tersebut akan masuk ke rangkaian instrumen amplifier. Setelah masuk pada rangkaian analog yaitu (*op-amp* dan *filter*) maka keluaran akan masuk ke ADC untuk dikonversi menjadi data digital, karena mikrokontroler merupakan IC digital. Setelah di ubah ke data digital maka mikrokontroler akan mengolah data tersebut untuk di jadikan keluaran dan diolah selanjutnya dikirim data tersebut melalui USB. Dan pada alat ini pengiriman data USB. Setelah data dikirim kemudian data tersebut akan diolah dengan menggunakan Komputer agar data dapat ditampilkan secara visual dan tampilanya berbentuk Angka.

3.3 Perancangan Peletakan Sensor

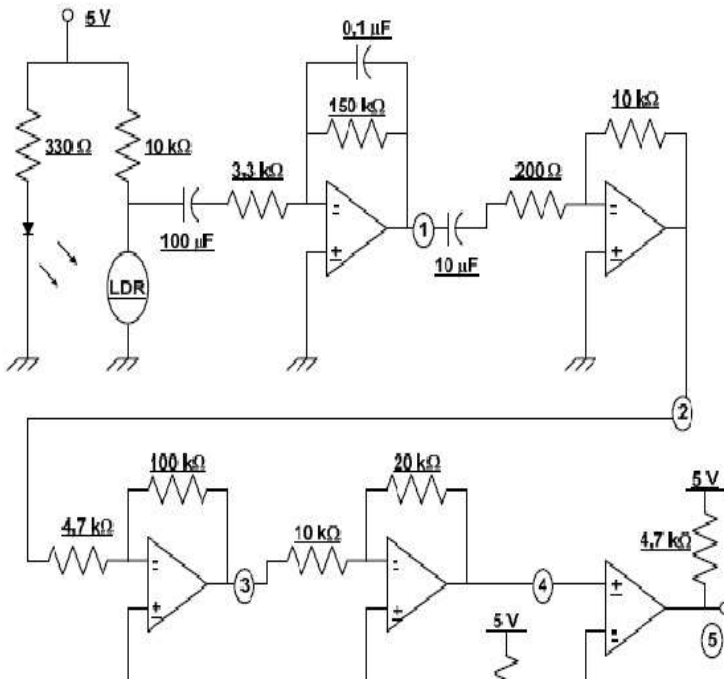
Pada perancangan peletakan sensor ini maka langkah - langkah pertama adalah mencari aliran denyut nadi di sekitar jantung yaitu pada sisi tubuh sisi kanan dan bagian tubuh sisi kiri. Dan kemudian meletakkan Elektrode pada bagian sisi tubuh tersebut. Peletakan sensor yang tepat akan menghasilkan sinyal kelistrikan secara maksimal ,dan harus tepat dikarenakan sinyal kelistrikan dari jantung sangat kecil yang ukurannya mencapai mV dan sangat mudah terpengaruh oleh sinyal lainnya terutama pengaruh dari radiasi listrik AC(jala-jala). Sehingga peletakan sensor harus tepat karena agar hasil penangkapan sinyal kelistrikan jantung dari sensor Elektroda dapat ditangkap oleh sensor Elektrode secara maksimal. Berikut adalah gambar peletakan sensor Elektroda yang diletakan pada titik pusat kelistrikan dari jantung:



Gambar 3.3 Titik Peletakan sensor

3.4 Pembuatan Perangkat Keras

Sebuah perangkat keras yang di butuhkan pada proses perancangan adalah pembuatan rangkaian penguat operasional yang fungsinya adalah untuk memperkuat sinyal kelistrikan dari perubahan volime darah akibat dari pemompaan darah oleh jantung. kemudian supply mikrokontroler sebesar 5Volt. Pada rangkaian ini mikrokontroler menggunakan *Arduino 8 bit*. Dari rangkaian analog yang terdapat rangkaian penguat. Berikut ini adalah skematik rangkaian yang telah dirancang :



Gambar 3.4 Skema rangkaian

3.5 Pembuatan Perangkat Lunak

Pada perancangan tugas akhir ini selain perangkat keras juga diperlukan perangkat lunak. Perangkat lunak yang dibutuhkan untuk tugas akhir ini ada dua macam, pertama yaitu perangkat lunak yang digunakan pada pemrograman mikrokontroler yang difungsikan untuk mengirim data secara serial. Pada pemrograman mikrokontroler dibuat dengan menggunakan bahasa C. Kemudian perangkat lunak yang kedua adalah perangkat lunak yang didesain pada perangkat komputer dengan bantuan *software arduino*, dimana perangkat lunak yang ini berfungsi untuk menerima data yang diterima melalui mikrokontroler dan di tampilkan dalam bentuk angka (beat per menit). Penggunaan *software arduino*

lebih mudah dibandingkan dengan code vision AVR karena tidak perlu setting kristal dan ADC (analog to digital converter).



```
Detak_Jantung | Arduino 1.0.5
File Edit Sketch Tools Help
Detak_Jantung
/*
LCD PINS:
 * LCD RS pin to digital pin 12
 * LCD Enable pin to digital pin 10
 * LCD D4 pin to digital pin 6
 * LCD D5 pin to digital pin 5
 * LCD D6 pin to digital pin 4
 * LCD D7 pin to digital pin 3
 * LCD R/W pin to ground

ANALOG Input:
 * OpAmp Pulse Output to Pin T0
*/

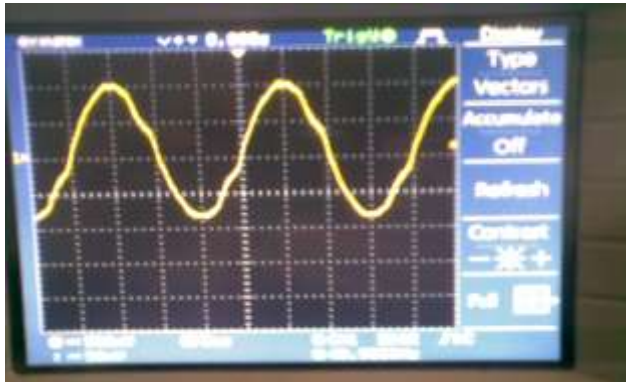
#include <LiquidCrystal_mod.h>
LiquidCrystal lcd(12, 10, 6, 5, 4, 3);
```

Gambar 3.5 Arduino software

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISA

4.1 Pengujian Alat

Proses pembuatan alat telah mencapai tahap pengambilan data. Tampilan data analog alat disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 4.1 Sinyal analog alat pada osiloskop

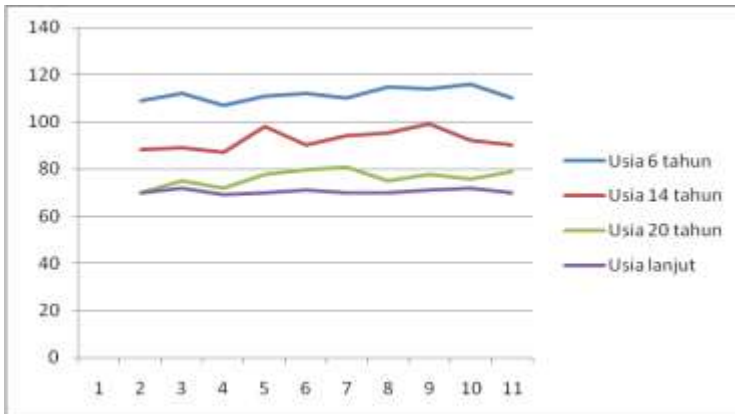
Waktu respon *steady* alat adalah sekitar tiga detik untuk mencapai pembacaan yang akurat, hal ini dikarenakan respon sensor yang berubah-ubah karena gerakan jari.

Data diperoleh dalam satuan *bpm* (*beat per minute*). Data ditampilkan dalam table berikut :

Tabel 4.1 Pengambilan Data denyut jantung sebelum aktifitas

Usia 6 tahun	Usia 14 tahun	Usia 20 tahun	Usia lanjut
109 bpm	88 bpm	70 bpm	70 bpm
112 bpm	89 bpm	75 bpm	72 bpm
107 bpm	87 bpm	72 bpm	69 bpm
111 bpm	98 bpm	78 bpm	70 bpm
112 bpm	90 bpm	80 bpm	71 bpm
110 bpm	94 bpm	81 bpm	70 bpm
115 bpm	95 bpm	75 bpm	70 bpm
114 bpm	99 bpm	78 bpm	71 bpm
116 bpm	92 bpm	76 bpm	72 bpm
110 bpm	90 bpm	79 bpm	70 bpm

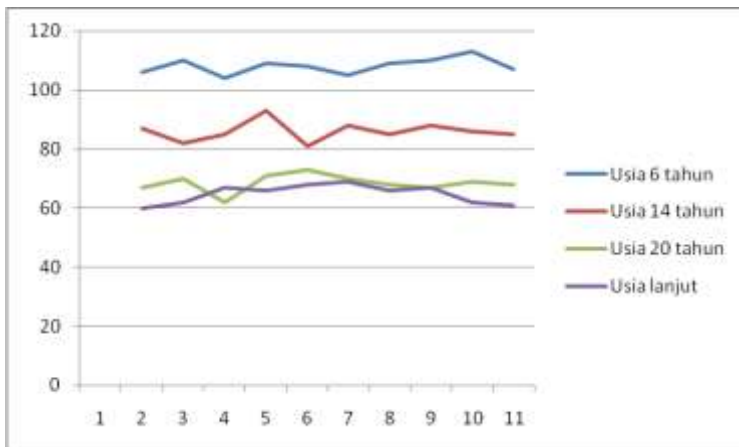
Grafik denyut nadi ditampilkan sebagai berikut :

**Gambar 4.2** Grafik denyut jantung terhadap usia

Tabel 4.2 Pengambilan data denyut nadi tangan

Usia 6 tahun	Usia 14 tahun	Usia 20 tahun	Usia lanjut
106 bpm	87 bpm	67 bpm	60 bpm
110 bpm	82 bpm	70 bpm	62 bpm
104 bpm	85 bpm	62 bpm	67 bpm
109 bpm	93 bpm	71 bpm	66 bpm
108 bpm	81 bpm	73 bpm	68 bpm
105 bpm	88 bpm	70 bpm	69 bpm
109 bpm	85 bpm	68 bpm	66 bpm
110 bpm	88 bpm	67 bpm	67 bpm
113 bpm	86 bpm	69 bpm	62 bpm
107 bpm	85 bpm	68 bpm	61 bpm

Grafik dari denyut nadi tangan adalah sebagai berikut :

**Gambar 4.3** Grafik denyut nadi tangan

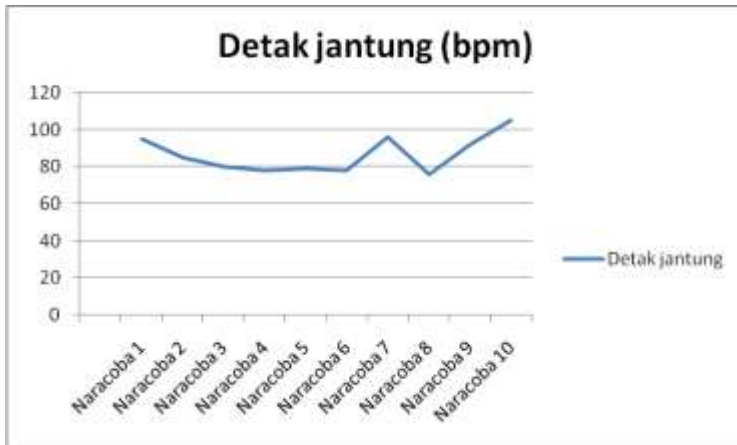
Selanjutnya data sinyal keluaran *electrode* ditampilkan dalam table berikut :

Tabel 4.3 Tabel denyut jantung keluaran sensor *elektrode*

Naracoba	Jumlah Nadi Tiap Menit	Frekuensi pada Osiloskop	Frekuensi pada Delphi 7
Naracoba 1	95	50 Hz	4 Hz
Naracoba 2	85	47 Hz	3,7Hz
Naracoba 3	80	45 Hz	3,6 Hz
Naracoba 4	78	44 Hz	3,5 Hz
Naracoba 5	79	45 Hz	3,6 Hz
Naracoba 6	78	45 Hz	3,5 Hz
Naracoba 7	96	51 Hz	4 Hz
Naracoba 8	76	43 Hz	3,5 Hz
Naracoba 9	92	49 Hz	3,9 Hz
Naracoba 10	105	54 Hz	4,1 Hz

Grafik dari data keluaran sensor electrode adalah sebagai berikut :

Gambar 4.4 Grafik denyut jantung dengan sensor *elektrode*



4.2 Perhitungan *Error*

Dari data-data diatas diperoleh nilai *error*. Nilai error didapatkan dari rumus :

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Nilai keluaran alat} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{Nilai sebenarnya}} \times 100 \%$$

Dari rumus perhitungan diatas didapatkan persentasi *error* sebagai berikut :

Tabel 4.4 Tabel *error* alat

Data percobaan	Data denyut nadi tangan	Data Stetoskop	Error
109 bpm	106 bpm	106 bpm	2.75 %
112 bpm	110 bpm	110 bpm	1.8 %
107 bpm	104 bpm	104 bpm	2.8 %
111 bpm	109 bpm	109 bpm	1.8 %
112 bpm	108 bpm	108 bpm	3.7 %
110 bpm	105 bpm	105 bpm	4.5 %
115 bpm	109 bpm	109 bpm	5.2 %
114 bpm	110 bpm	110 bpm	3.5 %
116 bpm	113 bpm	113 bpm	2.5 %
110 bpm	107 bpm	107 bpm	6.3 %

Dari data table diatas terlihat sedikit perbedaan antara data keluaran dari alat dengan denyut nadi tangan. Hal ini disebabkan karena adanya *noise* cahaya yang masuk dari luar. Photodiode sangat peka dengan cahaya sehingga berpengaruh terdapat *output* data.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat pengukur denyut jantung berbasis Arduino yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil menangkap suatu pola pada sinyal kelistrikan pada jantung yang ukuranya sangat kecil menggunakan rangkaian yang terdiri dari rangkaian penguat instrument.
2. Telah berhasil mengubah data analog menjadi digital yang ditampilkan dalam LCD dalam bentuk satuan beat per menit.
3. Terdapat noise (*error*) dengan range antara 1%-5.2%. Hal ini disebabkan oleh pengaruh cahaya dan gerakan jari.

5.2 Saran

Untuk menyempurnakan penelitian Tugas Akhir ini agar di masa yang akan datang dapat memperoleh hasil yang lebih baik maka beberapa saran yang dapat diberikan ialah:

1. Menambah jumlah naracoba agar data percobaan menjadi lebih banyak sehingga pola fitur yang didapat menjadi lebih akurat.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jantung Manusia / Bagian Jantung /Gambar Jantung. www.eviafaldi.wordpress.com.<URL:<http://www.eviafaldi.wordpress.com/teorijantung.php>>
- [2] Sallen Key/ High pass and Low Pass Filter/ Sallen key Filter. <http://www.analogzone.com>.<URL:http://http://www.analogzone.com/iot_040907.pdf>
- [3] Triana, Lusie. 2007. **Perancangan Filter Sinyal Elektrokardiogram menggunakan Transformasi Wavelet**. Surabaya : Jurusan Teknik Fisika ITS.
- [4] Corporation, Atmel, Okt 2006. **8-bit Microcontroller ATmega8 with 8K Bytes In-System Programmable Flash**,<URL:<http://www.atmel.com/Images/doc2486.pdf>>.
- [5] Budiharto, widodo.2004. **Interfacing komputer dan mikrokontroler**. PT Gramedia: Jakarta.

