

DIPA PNBP FT SENIOR

**PENGUKURAN JUMLAH DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN
SENSOR DETAK JANTUNG BERBASIS ARDUINO**

(LAPORAN PBBL)



Oleh:

Dr. Sri Purwiyanti, Ph.D. (Ketua)
Dr. Eng. FX Arinto Setyawan (Anggota)
Dr. Eng. Helmy Fitriawan (Anggota)

Dibiayai oleh PNBP Fakultas Teknik Tahun 2018

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
TAHUN 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

- 1. Judul Penelitian** : Pengukuran jumlah detak jantung menggunakan sensor detak jantung berbasis arduino
- 2. Bidang Penelitian** : Rekayasa
- 3. Ketua Peneliti**
- a. Nama Lengkap : Dr. Sri Purwiyanti, Ph.D.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 197310041998032001
 - d. Disiplin Ilmu : Teknik Elektronika
 - e. Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk. I/IIIb
 - f. Jabatan Struktural : Asisten Ahli
 - g. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro
 - h. Alamat : Ged. FT Unila, Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
 - i. Telepon/Faks/E-mail : 08111942111
 - j. Alamat Rumah :
- 4. Jumlah Anggota Peneliti** : 2
- 5. Anggota Peneliti** :

No	Nama	Bidang Keahlian	Jurusan	Perguruan Tinggi
1	Dr. Eng. FX Arinto S.	Teknik Elektronika	Teknik Elektro	Unila
2	Dr. Eng. Helmy F.	Teknik Elektronika	Teknik Elektro	Unila

- 6. Jumlah Mahasiswa** : 2
- 7. Lokasi Penelitian** : Lab. Teknik Elektronika
- 8. Jumlah Pendanaan** : Rp. 10.000.000,00 (Sepuluh Juta Rupiah)
- 9. Sumber Pendanaan** : PNPB Fakultas Teknik Unila Tahun 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Bandar Lampung, 19 Oktober 2018
Ketua pelaksana

Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP. 19731128 1999031005

Dr. Sri Purwiyanti, S.T., M.T. Ph.D
NIP. 197310041998032001

Dekan Fakultas Teknik

Menyetujui,
Ketua LPPM Unila

Prof. Suharno
NIP: 196207171987031002

Warsono, Ph.D.
NIP: 196302161987031003

RINGKASAN

Pengukuran jumlah detak jantung biasanya dilakukan dengan memegang pergelangan tangan, merasakan detaknya dan menghitungnya secara manual. Perkembangan dunia teknologi elektronika yang sangat pesat memungkinkan penghitungan jumlah detak jantung ini dilakukan secara elektronis. Cara kerja sensor detak jantung ini adalah saat sensor menyentuh sumber denyut nadi maka sinyal keluaran akan berubah menjadi cahaya yang dipantulkan ketika darah dipompa melalui jaringan. Sinyal keluaran ini berfluktuasi di sekitar titik referensi yang ditentukan. Sinyal ini berbentuk tegangan analog yang kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh Analog to Digital Converter (ADC) pada mikrokontroler. Hasil pendigitalan sinyal keluaran ditampilkan menggunakan LCD. Efektivitas peralatan diukur berdasarkan tingkat akurasi dan sensitivitasnya. Dari hasil pengujian didapat bahwa alat pendeteksi detak jantung ini memiliki nilai persentasi presisi sebesar $\pm 95\%$ jika dibandingkan dengan alat pendeteksi jantung pembanding. Diketahui juga bahwa ujung jari manusia merupakan daerah paling sensitif untuk mengukur detak jantung menggunakan pulse sensor dan alat ini dapat beroperasi terus menerus dengan jam kerja 72 jam atau 3 hari .

Keywords: **S**ensor, Analog to Digital Converter, efektivitas, jantung.

BAB 1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Teknologi mikrokontroler yang sangat populer saat ini adalah Arduino. Adanya mikrokontroler ini sangat membantu perancangan peralatan-peralatan elektronik. Mikrokontroler Arduino tidak membutuhkan lagi downloader dalam mengunduh program dari computer karena di dalamnya sudah ada bootloader. Selain itu, Arduino sudah memiliki sarana komunikasi berupa USB yang populer saat ini sehingga pengguna computer terutama laptop tidak mengalami kesulitan dalam mendownload program. Arduino memiliki keunggulan lain yaitu banyaknya modul siap pakai yang dengan mudah digunakan pada board Arduino, misalnya Ethernet, Kamera, GPS, dan lain-lain.

Arduino dapat digunakan untuk mengolah data hasil dari keluaran sensor detak jantung. Sensor detak jantung ini bekerja saat sensor menempel pada sumber denyut nadi maka sinyal keluaran berubah menjadi cahaya yang dipantulkan ketika darah dipompa melalui jaringan. Pemantulan ini menghasilkan pulsa-pulsa yang dapat dihitung dan diterjemahkan menjadi jumlah detak jantung per menit. Ketepatan peletakan sensor pada manusia sangat berpengaruh pada tingkat akurasi yang dihasilkan. Selain itu, gerakan manusia yang sedang diukur juga berpengaruh. Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian tingkat akurasi dan sensitivitas peralatan untuk dapat menentukan spesifikasi alat ukur hasil perancangan.

Penelitian sebelumnya menggunakan sensor detak jantung telah banyak dilakukan. Rahim dalam penelitiannya menggunakan sensor ini untuk mendeteksi rasa mengantuk pada pengemudi mobil [1]. Sensor dipasang pada kemudi untuk mendeteksi detak jantung dari pengemudi kemudian jumlah detak terhitung dibandingkan dengan detak jantung orang mengantuk jika sesuai maka dianggap pengemudi sedang mengalami rasa kantuk. Hashim melakukan penelitian mengenai pengembangan photosensor untuk digunakan sebagai sensor detak jantung [2]. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa photosensor yang digunakan dapat bekerja baik dalam mendeteksi detak jantung. Penelitian lain dilakukan oleh Wijaya yang menggunakan mikrokontroler untuk mengendalikan sensor suhu dan detak jantung [3]. Pemakaian mikrokontroler AtMega 16 membutuhkan rangkaian-rangkaian pendukung seperti pengkondisi sinyal, rangkaian

multivibrator, rangkaian pembanding dan lain-lain. Mallick dan Patro melakukan penelitian perancangan system monitoring detak jantung menggunakan Arduino [4]. Sistem monitoring dirancang menggunakan photosensor yang diletakkan di ujung jari karena sensornya dibuat sendiri maka perancangan memerlukan rangkaian pengkondisi isyarat sehingga kurang praktis. Babikher melakukan penelitian dengan membuat sensor ujung jari menggunakan LED IR dan penerima di sisi jari lainnya [5].

Sedangkan penelitian sebelumnya mengenai tingkat akurasi dan sensitivitas sensor telah juga banyak dilakukan. Penelitian mengenai analisis sensitivitas dilakukan oleh Myllymaki pada sensor proximity dan sensor antenna [6]. Perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan adalah objek pengukurannya berupa sensor yang berbeda. Pengujian dan fabrikasi sensor piezoresistif untuk pengukuran tekanan dilakukan oleh Lopera [7], selain itu juga dilakukan oleh Pinter dan Huba untuk jaringan *Floor sensor* [8].

Penelitian ini menekankan pada diperolehnya nilai akurasi dan nilai sensitivitas yang tinggi. Nilai akurasi dan sensitivitas diperoleh dengan cara menghitung secara statistik dengan membandingkan data pengukuran dengan pengukuran dengan alat terkalibrasi. Pengukuran dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan data yang cukup valid.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan nilai akurasi dan sensitivits yang benar agar dapat diperoleh spesifikasi peralatan alat ukur yang memberikan informasi memadai.
2. Bagaimana cara merancang peralatan alat ukur agar dapat bekerja secara otomatis.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat alat ukur penghitung detak jantung menggunakan Arduino Uno menggunakan sensor detak jantung dan hasilnya dapat ditampilkan secara realtime melalui Liquid Crystal Display (LCD).

2. Menentukan spesifikasi alat ukur penghitung detak jantung dengan menghitung tingkat akurasi dan sensitivitasnya.
3. Menyertakan mahasiswa sebagai pelaksana peneliti agar dapat melaporkan sebagian hasil penelitian ini sebagai skripsinya.

1.4 Manfaat Penelitian

Peralatan yang dibuat dapat digunakan untuk praktikum mata kuliah embedded system baik untuk mahasiswa program studi Teknik Elektro dan Teknik Informatika. Selain itu, peralatan yang dibuat dapat digunakan untuk pengembangan riset, layanan untuk praktikum program studi lainnya, serta untuk promosi.

1.5 Luaran Penelitian

Target luaran penelitian ini adalah artikel yang diterbitkan pada jurnal nasional yang terindeks Sinta dan Google Scholar dan sebuah produk inovatif laboratorium yang dapat digunakan untuk praktikum, riset, layanan, dan juga untuk promosi.

BAB 2. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai perancangan alat ukur panjang dan berat benda telah banyak dilakukan. Wildian merancang alat ukur ini dengan menggunakan sensor fototransistor dan mikrokontroler AtMega 8535 [8]. Penelitian sebelumnya umumnya hanya membahas cara perancangan tetapi tidak membahas pengukuran kinerja alat yang dirancang. Dalam penelitian ini, digunakan sensor PING untuk mengukur panjang serta sensor Load cell untuk menghitung berat benda sedangkan kinerja alat diukur keefektifitasannya menggunakan parameter akurasi dan sensitivitas.

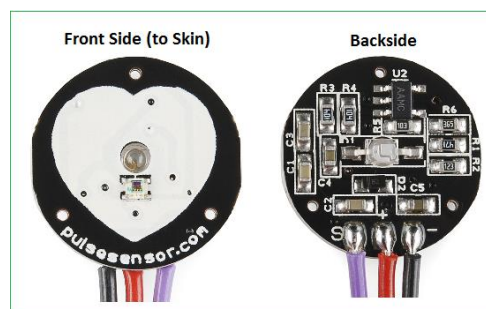
2.1 Sensor

Sensor merupakan suatu peralatan atau komponen yang mempunyai peranan penting dalam sebuah sistem elektronika untuk keperluan perancangan sistem kendali otomatis. Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi gejala-gejala atau sinyal-sinyal yang berasal dari perubahan suatu energi seperti energi listrik, energi

fisika, energi kimia, energi biologi, energi mekanik dan sebagainya. Ketepatan dalam memilih sebuah sensor akan sangat menentukan kinerja dari system tersebut.

Pulse sensor merupakan sensor pengukur detak jantung yang dapat dihubungkan ke mikrokontroler. Pulse sensor memiliki ciri khas yaitu memiliki bentuk hati dan terdapat lampu LED berwarna hijau bagian tengah. Sensor ini sangat sensitif terhadap getaran (dari detak jantung). Sensor ini dapat diletakkan diseluruh bagian tubuh manusia seperti ujung jari, bagian dada maupun telinga.

Jika dilihat dari bagian depan maka akan terlihat lubang kecil yang berlapis optik berbentuk bundaran kecil, disitulah LED berwarna hijau akan terlihat. Cahaya ini dihasilkan oleh ambient light sensor, persis yang digunakan untuk menyesuaikan kecerahan layar pada laptop ataupun ponsel dalam kondisi yang berbeda-beda. Ketika sinar LED terhalang oleh ujung jari, telinga atau jaringan kapiler lainnya maka sensor itu akan membaca banyaknya cahaya yang akan memantul kembali. Bentuk sensor pulse diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pulse Sensor

[Sumber: <http://www.theorycircuit.com/wp-content/uploads/2016/08/pulse-sensor-image>]

2.2 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan chip pintar yang dapat diprogram untuk keperluan tugas-tugas tertentu. Mikrokontroler awal dibuat oleh Texas Instrument pada tahun 1974 yang merupakan mikrokontroler 4 bit. Awalnya mikrokontroler berupa chip tunggal yang untuk memasukan program masih memerlukan alat bantu downloader secara terpisah tetapi saat ini mikrokontroler sudah dikemas dalam sebuah board yang telah memuat bootloader, saluran komunikasi USB, dan dilengkapi dengan modul-modul siap pakai pendukung mikrokontroler.

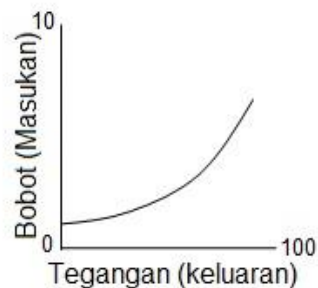
Arduino merupakan mikrokontroler yang populer saat ini disamping Raspberry yang lebih digolongkan pada mikrokomputer. Pemakaian Arduino pada penelitian ini ditujukan untuk mempermudah perancangan karena tidak perlu merancang sistem elektronika pendukung dan menambah kehandalan karena sistem telah terpadu dalam satu board. Keunggulan lain dari Arduino adalah bahasa pemrogramannya cukup mudah dengan dilengkapi kumpulan library yang cukup lengkap.

Arduino Uno yang dipergunakan dalam penelitian ini memiliki memori Flash sebesar 32 kB dan sebagian 5 kB yang digunakan sebagai bootloader. Memori yang lain adalah SRAM (*Static Random Access Memory*) yang digunakan untuk menyimpan variable-variabel yang sifatnya sementara sebesar 2kB dan memori EEPROM sebesar 1kB digunakan untuk menyimpan data variable dalam jangka waktu yang lama.

2.3 Kinerja Peralatan

Kinerja peralatan yang dirancang didasarkan pada tingkat akurasi dan sensitivitasnya. Sensitivitas menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan. Misalnya beberapa sensor berat dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan satu volt per kilogram, yang berarti *perubahan* satu kilogram pada masukan akan menghasilkan *perubahan* satu volt pada keluarannya.

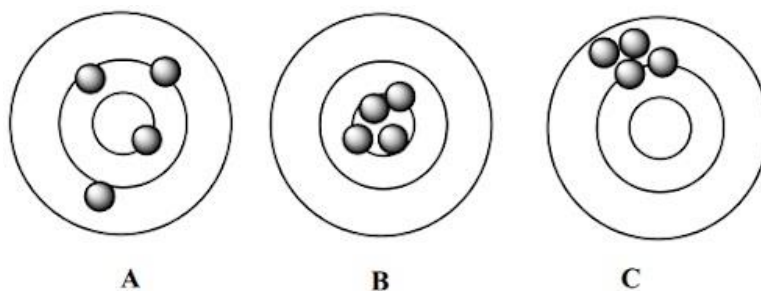
Sensitivitas dari sensor dipengaruhi oleh linearitas sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada Gambar 2 akan lebih peka pada objek yang berat daripada objek yang ringan.



Gambar 2. Tanggapan non linear

Tingkat akurasi adalah ukuran yang menyatakan nilai maksimum keseluruhan error yang diharapkan muncul dalam pengukuran suatu variable atau dengan kata lain akurasi adalah kedekatan nilai terukur dengan nilai sebenarnya. Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil atau seberapa dekat hasil ukur dengan nilai sebenarnya. Sebelum sebuah alat ukur digunakan harus dipastikan bahwa kondisi alat benar-benar dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan. Kondisi ini dipenuhi bila alat dalam keadaan terkalibrasi dengan baik. Ketidakpastian hasil ukur menjadi besar bila suatu alat tidak terkalibrasi dengan baik.

Akurasi berbeda dengan presisi. Presisi adalah kedekatan nilai tiap pengukuran independen di bawah kondisi yang sama. Jika diilustrasikan dengan gambar maka perbedaan antara akurasi dan presisi dapat diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. a) tidak akurat dan tidak presisi. b) akurat dan presisi. c) tidak akurat tapi presisi.

BAB 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Elektronika Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian menggunakan perangkat lunak dan perangkat keras untuk pengambilan data. Pengolahan data dilakukan menggunakan komputer bercore i5 dengan memori 4 GB menggunakan operating system windows 7 dan perangkat lunak bahasa pemrograman Visual studio 2008 dan OpenCV 2.4.10 yang open source.

3.1 Perancangan alat

Blok diagram perangkat alat ukur penghitung detak jantung ini diperlihatkan pada Gambar 4. Dari blok diagram terlihat bahwa keluaran sensor yang dipergunakan

mengindra detak jantung menjadi masukan ke Arduino. Hasil pengolahan Arduino dikirimkan ke LCD driver yang digunakan sebagai antarmuka antara Arduino dengan LCD. LCD digunakan untuk menampilkan nilai hasil pengolahan pada Arduino. LCD yang dipergunakan berupa LCD 16 × 2 dimana baris pertama digunakan menampilkan nilai panjang dan baris kedua untuk nilai berat.



Gambar 5. Blok diagram system alat ukur

Perancangan Perangkat Keras

1. Perancangan Arduino Uno

Mikrokontroler arduino uno merupakan sebuah mikrokontroler yang mudah terhubung dengan sensor yang digunakan, yaitu pulse sensor. Sebelum melakukan pengukuran, mikrokontroler ini harus dihubungkan terlebih dahulu oleh perangkat lunak arduino dengan cara memasukkan program berbahasa khas Arduino yang telah terverifikasi pada perangkat lunak tersebut. Kemudian, arduino uno akan memroses dan menghasilkan keputusan pembacaan terhadap detak jantung yang akan dikirim ke LCD.

2. Perancangan Pulse Sensor

Pulse sensor dibutuhkan untuk mendeteksi berapa banyak detak jantung yang dapat dikeluarkan oleh makhluk hidup. Sensor ini menghasilkan masukan analog yang kemudian akan diolah didalam mikrokontroler dan dengan sendirinya kita akan langsung mendapatkan nilai detak jantung dalam bentuk gelombang maupun bps (bit per menit).

3. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD merupakan perangkat keras yang berfungsi sebagai penampil hasil pengolahan data. LCD ini akan dipasang pada dinding inkubator sehingga mudah untuk dilihat oleh perawat bayi prematur.

Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada alat pendeteksi ini adalah arduino. Perangkat ini berfungsi untuk memprogram mikrokontroler arduino uno. Sistem kerja mikrokontroler ini adalah mengoperasikan komponen-komponen pendukung pada alat pendeteksi ini.

3.2 Pengukuran Kinerja Alat Ukur

Kinerja alat ukur diukur menggunakan parameter akurasi dan sensitivitas alat ukur. Untuk menentukan nilai parameter tersebut dilakukan beberapa kali pengukuran agar diperoleh nilai tingkat akurasi dan sensitivitas yang benar. Dalam penelitian ini dilakukan 50 kali percobaan agar hasilnya memberikan nilai yang sesungguhnya. Setelah 50 kali percobaan pengukuran maka tingkat akurasi alat ukur hasil perancangan dapat ditentukan.

Selain itu kinerja alat ukur juga diukur dengan membandingkan hasil pengukuran menggunakan alat ukur yang dirancang dengan alat ukur yang telah diakui akurasinya. Pada penelitian ini, untuk nilai panjang yang terukur dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan mistar/penggaris pengukur panjang objek sedangkan untuk nilai berat dibandingkan dengan timbangan yang telah ada dipasaran. Hasil perbandingan ini digunakan untuk menentukan tingkat akurasi dan sensitivitas alat ukur hasil penelitian.

BAB 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil

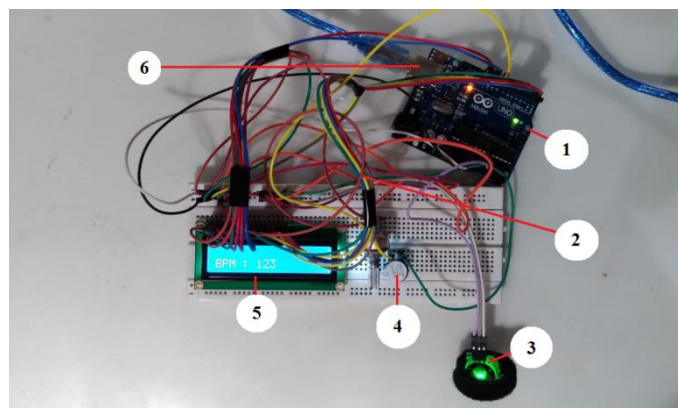
Setelah melakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak terhadap alat yang diinginkan, berhasil dibangun sebuah alat pengukur detak jantung otomatis berbasis mikrokontroler arduino uno. Alat ini menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pengolah sistemnya.

Pemrograman alat ini menggunakan aplikasi Arduino yang telah terpasang pada Laptop maupun PC. *Pulse Sensor* yang terpasang pada perangkat ini berfungsi sebagai alat pengukur detak jantung pada objek (manusia) yang diukur dengan membaca pancaran cahaya yang diterima oleh *receiver* yang terdapat pada bagian depan sensor.

Sensor akan diletakkan dibagian ujung jari karena daerah tersebut merupakan daerah yang paling sensitif untuk sensor detak jantung ini dibandingkan dengan daerah lain seperti ujung telinga, pergelangan tangan, dada dan leher manusia. Cahaya yang dihasilkan oleh sensor ini adalah sinar ultraviolet (*UV*) sehingga cahaya ruangan tidak mempengaruhi hasil pembacaan sensor. Hasil pembacaan sensor detak jantung kemudian diproses di dalam mikrokontroler untuk dipantau nilai detak jantungnya. Ketika detak jantung melebihi atau bahkan kurang dari nilai rata-rata detak jantung normal (60-80 *bpm*), maka secara otomatis *buzzer* akan berdering sebagai tanda peringatan kepada petugas kesehatan. Nilai hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada sebuah layar *LCD*.

4.1.1. Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras alat pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler arduino uno telah diimplementasikan dalam bentuk seperti Gambar 6, 7, dan 8. Semua subsistem telah dirangkai menjadi satu sistem yang dapat berfungsi sesuai dengan yang telah direncanakan. Gambar 6 merupakan tampilan alat secara terbuka. Gambar 7 merupakan tampilan alat secara tertutup di dalam kotak elektronik. Kotak elektronik berfungsi sebagai pelindung kabel-kabel penghubung agar tidak terjadi kesalahan seperti tersentuh petugas kesehatan yang dapat memutus koneksi antar sistem dan melindungi dari gangguan fisik maupun non-fisik lainnya. Gambar 8 merupakan gambar alat dengan display yang telah diimplementasikan.



Gambar 6. Rangkaian Alat Pendeteksi Detak Jantung



Gambar 7. Tampilan Alat Secara Tertutup Di dalam Kotak Elektronik



Gambar 8. Display Alat

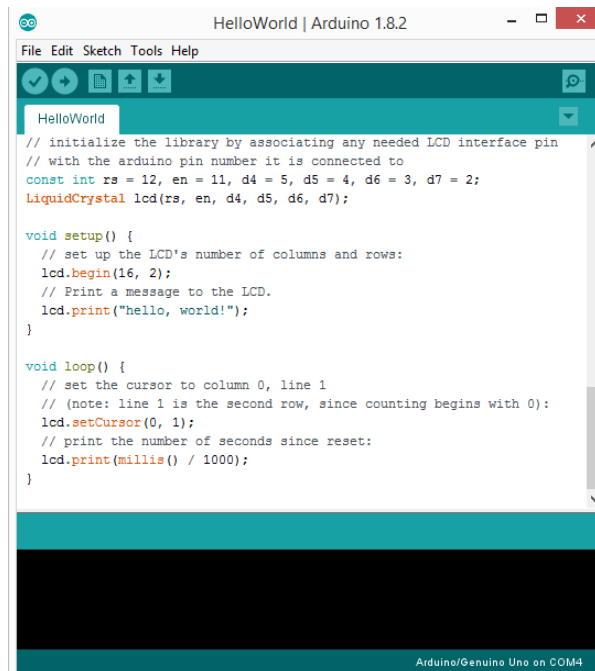
4.1.2. Perangkat Lunak

Perancangan alat pendeteksi detak jantung ini menggunakan perangkat lunak dari aplikasi Arduino. Aplikasi ini merupakan salah satu aplikasi yang mudah untuk digunakan. Pada penelitian ini, versi yang digunakan adalah Arduino versi 1.8.2. yang merupakan versi terbaru dari arduino yang disesuaikan dengan Windows yang digunakan oleh komputer peneliti yang menginstal aplikasi tersebut. Berikut adalah tampilan dari aplikasi arduino yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Awal Aplikasi Arduino 1.8.2.

Pemrograman arduino membutuhkan source code untuk menjalankan komponen yang akan digunakan atau mengendalikan rangkaian-rangkaian lainnya menjadi sebuah sistem yang terintegrasi satu dengan yang lain. Di dalam aplikasi ini terdapat beberapa contoh kode yang dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan percobaan maupun pembelajaran. Berikut adalah salah satu contoh source code yang disediakan oleh aplikasi arduino.



```
Arduino IDE - HelloWorld | Arduino 1.8.2
File Edit Sketch Tools Help
HelloWorld
// initialize the library by associating any needed LCD interface pin
// with the arduino pin number it is connected to
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("hello, world!");
}

void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
  lcd.print(millis() / 1000);
}
```

Gambar 10. Tampilan Coding Pada Aplikasi Arduino

4.2. Pengujian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian alat agar dapat diketahui kondisi dan kemampuan sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan per subsistem untuk mengetahui keluaran dari setiap rangkaian subsistem dan pengujian secara keseluruhan sehingga dapat diketahui apakah sistem berfungsi secara baik dan dapat menganalisa rangkaian jika didapatkan hasil yang tidak sesuai. Pengujian dibagi menjadi pengujian fungsi dari setiap komponen atau perangkat yang digunakan, pengujian subsistem dan pengujian sistem secara keseluruhan.

4.2.1. Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras meliputi pengujian arduino uno sebagai mikrokontrolernya, rangkaian pulse sensor, rangkaian *buzzer* dan rangkaian *LCD*.

Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno berfungsi sebagai alat pengendali utama atau sebagai otak dari alat ini. Arduino mengatur semua subsistem-subsistem hingga semua menjadi satu sistem yang terintegrasi sesuai dengan prinsip kerjanya. Pengujian yang dilakukan pada

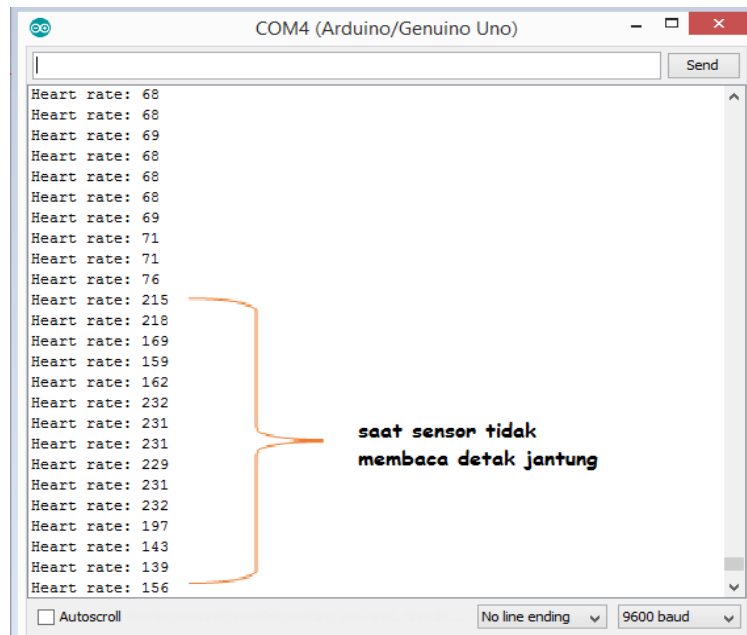
Arduino Uno adalah dengan cara menyalakannya. Arduino harus dipastikan terhubung dengan sebuah komputer dengan menggunakan *adaptor USB* atau listrik dengan sistem ADC (Analog to Digital Converter) didalamnya atau baterai untuk menjalankannya. Arduino memiliki masukan tegangan sebesar 7-12V dengan batas tegangan 6-20V. Kebutuhan masukan ini akan disediakan oleh komputer sebagai sumber tegangan dan program masukannya dimana arduino memiliki keluaran atau tegangan kerja sebesar 5VDC.

Pengujian Pulse Sensor

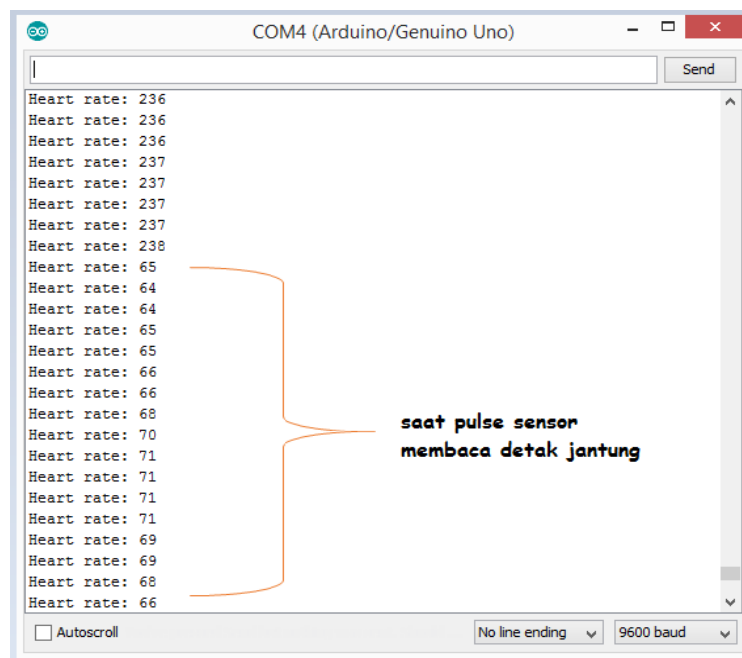
Pulse sensor merupakan komponen utama dalam alat ini. Pulse sensor berfungsi sebagai alat pendeteksi detak jantung pada manusia yang sangat baik digunakan pada mikrokontroler arduino uno. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan dengan arduino. Terdapat tiga pin pada arduino dimana jika dilihat dari tampilan depan (bentuk hati) maka:

No.	Pin	Arduino Uno
1.	Kiri (Analog Pin)	Pin A0, digital input
2.	Tengah (VCC)	VCC / pin 5V
3.	Kanan (Ground)	GND

Ketika semua pin telah terhubung maka kita dapat melakukan pengujian terhadap pulse sensor tersebut. Pengujian pada pulse sensor akan dibagi menjadi dua pengujian. Pertama, pulse sensor akan dilihat respon keluarannya (dalam bentuk BPM) saat tidak terdapat detakan atau sensor tidak menyentuh kulit manusia. Kedua, saat sensor melakukan pembacaan pada manusia. Hasil pengujian terhadap sensor ini adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Saat Pulse Sensor Tidak Membaca Detak Jantung



Gambar 12. Saat Sensor Membaca Detak Jantung

Pada pengujian lain yang digunakan untuk mengetahui seberapa besar tingkat presisi yang dihasilkan oleh Pulse sensor ini, maka digunakanlah alat ukur pembanding berupa Xiaomi Mi Band seri kedua yang terdapat Heart Rate di dalamnya. Adapun perbandingan kedua alat ukur jantung ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1. Tabel pengujian pulse sensor dengan alat ukur pembanding

No.	Mi Band 2	Pulse Sensor	Error
1	69	65	1,44
2	66	68	1,51
3	67	65	0,01,49
4	65	66	0.01,53
5	70	69	0,01,42
6	65	65	0
7	69	70	0,01,44
8	71	70	0,01,40
9	65	65	0
10	65	67	3,0
		*Total error	0,0132 atau 1,32%

Keterangan: *dalam 10 kali pembacaan

Pengujian Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai peringatan yang ditunjukkan kepada petugas kesehatan sebagai tanda jika terdapat gangguan atau masalah yang berkaitan dengan detak jantung. Buzzer ini memiliki nilai tegangan kerja sebesar 5V. Pengujian ini dilakukan dengan melihat respon pada buzzer yang telah diprogram untuk menyala jika pulse sensor membaca nilai detak jantung melebihi atau lebih rendah dari nilai yang telah diatur didalam program arduino. Hal ini bertujuan untuk memonitor detak jantung agar tetap pada kondisi normal. Berikut adalah source code program buzzer pada arduino:

```
// If heart beat beats fast or slow
if (BPM < 50){
    analogWrite(buzzer, 126);
    delay(200);
    analogWrite(buzzer, 0);}
else if (BPM > 80){
    analogWrite(buzzer, 255);
    delay(200);
    analogWrite(buzzer, 0);}
else if (51 > BPM < 80){
```

```

    analogWrite(buzzer, 0);
}

```

Program di atas telah diatur bahwa, saat pulse sensor membaca detak jantung melebihi 100 detak per menit atau kurang dari 50 detak per menit maka *buzzer* akan menyala. Berikut adalah tabel hasil pengujian komponen *buzzer*:

Tabel 4.2. Tabel pengujian respon *buzzer*

Pulse Sensor (BPM)	Respon Buzzer
157	ON
170	ON
120	ON
116	ON
90	OFF
88	OFF
63	OFF
63	OFF
224	ON
184	ON

Pengujian LCD

LCD berfungsi sebagai penampil hasil pembacaan pada pulse sensor. Pada rangkaian LCD, terdapat beberapa komponen pendukung lainnya yaitu potensiometer 100 ohm dan resistor sebesar 220 ohm. Penambahan komponen ini bertujuan untuk mengatur kecerahan pada layar LCD. Pengujian pada LCD dilakukan dengan cara melakukan operasi penampilan dengan menggunakan program yang telah terpasang pada aplikasi Arduino. Berikut adalah contoh source code yang diambil pada aplikasi Arduino untuk menampilkan tulisan “hello, world!”:

```

*/
// include the library code:
#include <LiquidCrystal.h>

```

```

// initialize the library by associating any needed LCD interface pin
// with the arduino pin number it is connected to
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);
void setup() {
  // set up the LCD's number of columns and rows:
  lcd.begin(16, 2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.print("hello, world!");
}
void loop() {
  // set the cursor to column 0, line 1
  // (note: line 1 is the second row, since counting begins with 0):
  lcd.setCursor(0, 1);
  // print the number of seconds since reset:
}

```

Hasil pengujian terhadap source kode ini diperlihatkan pada Gambar 13 berikut:



Gambar 13. Pengujian LCD

4.2.2. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem merupakan pengujian yang dilakukan dengan menghubungkan subsistem yang ada menjadi kesatuan. Setelah dilakukannya pengujian dan kalibrasi terhadap subsistem-subsistem yang ada dan sistem sudah siap digunakan pada lingkungan yang sebenarnya.

Dalam hal ini, sensitifitas dan tingkat presisi sensor detak jantung menjadi titik fokus dari semua sub-sistem. Pengujian dan pengambilan data telah dilakukan dengan mengambil sampel detak jantung pada 5 pasien yang berbeda, mulai dari dewasa sampai balita yang telah ditunjukkan pada Tabel 4.3

Tabel 4.3.1. Sampel 1, pasien perempuan berumur di atas 50 tahun

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Error
1	67	68	1,492
2	70	69	1,428
3	68	69	1,470
4	69	70	1,449
5	72	70	2,778
6	72	72	0
7	73	72	1,369
8	71	71	0
9	75	74	1,334
10	75	75	0
11	75	74	1,334
12	68	69	1,470
13	76	75	1,315
14	75	73	2,667
15	70	71	1,428
		Total Error (%)	1,954

Tabel 4.3.2. Sampel 2, pasien laki-laki berumur di atas 50 tahun

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Error
1	60	59	1,667
2	59	59	0
3	60	61	1,667
4	61	61	0
5	61	64	4,918
6	64	61	4,687
7	58	59	1,724
8	59	57	3,389
9	55	56	1,818
10	58	57	1,724
11	62	63	1,612
12	61	59	3,278
13	59	63	6,779
14	68	63	7,352
15	62	60	3,225
		Total Error (%)	4,384

Tabel 4.3.3. Sampel 3, pasien laki-laki berumur dibawah 25 tahun

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Error
1	70	69	1,428
2	74	72	2,702
3	67	68	1,492
4	63	68	7,936
5	69	69	0

6	65	65	0
7	70	72	2,857
8	71	70	1,408
9	71	72	1,408
10	71	74	4,225
11	66	75	13,636
12	67	67	0
13	65	66	1,538
14	70	71	1,428
15	65	65	0
		Total Error (%)	4,006

Tabel 4.3.4. Sampel 5, pasien laki-laki berumur balita

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Error
1	69	70	1,449
2	72	72	0
3	70	69	1,429
4	66	68	3,030
5	68	68	0
		Total Error(%)	1,181

Tabel 4.3.5. Sampel 4, pasien perempuan berumur dibawah 10 tahun

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Error
1	50	50	0
2	75	75	0
3	73	72	1,370
4	84	84	0
5	60	60	0
6	72	71	1,379
7	72	70	2,778
8	63	62	1,587
9	64	66	3,125
10	67	67	0
11	73	72	1,370
12	69	69	0
13	73	71	2,740
14	68	68	0
15	68	69	1,471
		Total Error (%)	1,055

Dari data di atas telah didapat hasil nilai pembacaan pulse sensor yang dibandingkan dengan alat pendeteksi detak jantung pembanding, yaitu Xiaomi Mi Band 2. Hasil yang didapat dari pengukuran diatas menunjukkan bahwa hanya terdapat beberapa perbedaan antara hasil nilai sensor dengan pengukur detak jantung pembanding. Hal itu dapat dilihat dari nilai error pulse sensor yang kurang dari 5%. Adapun cara untuk menghitung nilai error adalah:

$$(\%) \text{ Error} = \frac{\text{Nilai Pembanding} - \text{Nilai Sensor}}{\text{Nilai Pembanding}} \times 100$$

Namun, hal ini terjadi apabila pengukuran dilakukan dengan kondisi pasien dalam keadaan diam. Sebagaimana yang diketahui bahwa setiap alat pengukur detak jantung sangat sensitif terhadap gerakan, baik itu EKG, *heart rate* pada tensimeter digital, alat pendeteksi detak jantung pembanding (Xiaomi Mi Band 2), bahkan Pulse sensor pun demikian. Berikut adalah hasil pengujian sensor dengan pengukuran yang dilakukan dengan cara menggerakkan tubuh maupun sensor yang akan diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4. Hasil pengukuran saat kondisi bergerak

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Persentase Error
1	73	64	12,328
2	68	68	0
3	114	65	42,982
4	65	68	4,615
5	74	72	2,702
6	67	69	2,985
7	68	86	26,470
8	75	75	0
9	64	66	3,125
10	162	186	14,814
		Total Error	11,002

Pada saat melakukan pembacaan, pulse sensor mengalami beberapa kecenderungan. Ketika tidak melakukan pengukuran atau keadaan dimana tidak ada detak jantung yang diterima oleh *receiver* pada sensor maka, sensor akan tetap membaca dengan nilai yang sangat tinggi atau sangat rendah. Hal ini dikarenakan prinsip kerja sensor yang menggunakan detak jantung pada manusia sebagai media umpan balik pembacaan pada *receiver* sensornya. Hal ini berkaitan juga dengan prinsip

kerja dari pulse sensor yang menggunakan aliran darah pada pembuluh darah kapiler sebagai pembacaannya. Ketika dalam posisi bergerak maka terdapat gesekan antara sensor dan kulit manusia yang mengakibatkan perubahan pada nilai pembacaannya. Namun, sesaat setelah sensor menerima pacuan berupa detak jantung manusia maka secara otomatis sensor akan kembali melakukan pengukuran dengan nilai yang normal bergantung kepada seberapa besar detak jantung yang dihasilkan oleh manusia tersebut. Proses yang dibutuhkan pulse sensor untuk melakukan pembacaan dari kondisi tersebut adalah berkisar antara 2-7 detik dengan catatan kondisi daerah pengukuran (jari manusia) dalam kondisi diam

Saat sensor tidak menyentuh jari manusia maka nilai yang dihasilkan akan sangat tinggi, namun saat sensor mulai menyentuh tubuh manusia maka hasil pembacaan akan semakin mengikuti detak jantung yang dibacanya. Walaupun sensor tersebut tidak langsung dapat membaca dengan waktu yang sangat cepat, tetapi sensor ini dapat berfungsi dengan baik.

Kemudian dilakukan uji coba untuk mengetahui ketahanan alat (Tabel 4.6). Tabel pengujian ketahanan alat tersebut diperoleh melalui pengujian dengan cara menyalakan alat dan membiarkan alat terus dalam keadaan hidup. Setelah dalam waktu yang ditentukan (contohnya 1 jam), alat akan dilakukan pengukuran detak jantung lagi untuk melihat respon alat apakah masih bekerja dengan baik atau tidak. Berdasarkan data yang telah diambil, dari dilakukannya percobaan 1 sampai 10 diperoleh hasil yang baik dalam melakukan pengambilan data ulang setelah proses pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa, alat ini masih dapat berfungsi dengan baik dalam keadaan *standby* dalam waktu 72 jam atau 3 hari.

Tabel 4.6. Tabel Pengujian ketahanan alat

Percobaan	Tanggal	Jam Kerja	Kondisi
1	26 Februari 2018	10 Menit	Baik
2	26 Februari 2018	30 Menit	Baik
3	26 Februari 2018	1 Jam	Baik
4	26 Februari 2018	3 Jam	Baik
5	26 Februari 2018	12 Jam	Baik

6	26 Februari 2018	24 Jam	Baik
7	27 Februari 2018	36 Jam	Baik
8	27 Februari 2018	48 Jam	Baik
9	28 Februari 2018	60 Jam	Baik
10	28 Februari 2018	72 Jam	Baik

4.3. Pembahasan

Berdasarkan beberapa pengujian yang telah dilakukan, diperoleh bahwa hasil pengujian sesuai dengan sistem yang diharapkan. Hal tersebut dibuktikan dengan beberapa hal, yaitu sebagai berikut :

1. Pulse sensor mampu mengambil atau mengukur detak jantung secara otomatis dan dapat berfungsi dengan baik.
2. Buzzer pada alat pendeteksi detak jantung ini berfungsi dengan baik.
3. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan alat ini mempunyai nilai error kurang dari 5% dibandingkan dengan alat pengukur detak jantung pembanding. Hal ini kembali menunjukkan bahwa alat ini dapat berfungsi dengan baik.

Dari hasil pengukuran ketahanan alat saat bergerak pada Tabel 4.4. dimana error yang diperoleh sangat tinggi yaitu 11%. Sebagaimana yang diketahui bahwa, alat pendeteksi detak jantung memiliki sensitivitas yang sangat tinggi. Hal ini dikarenakan prinsip kerja sensor detak jantung yang menggunakan sinar infra merah yang akan menembakkan cahayanya kedalam kulit hingga kedalam nadi manusia. Disaat aliran darah yang lewat dan berwarna mengkilap ketika terkena sinar infra merah mengalami pemantulan, sinyal yang diterima akan dikembalikan ke sensor untuk dihitung seberapa besar detak jantung yang diperiksanya. Pada saat bergerak, maka sinar infra merah akan terganggu dengan gesekan antara sensor dan kulit maupun aliran darah yang akan dibacanya.

Terdapat beberapa bagian pada tubuh manusia yang dapat dijadikan sebagai lokasi pengukuran, seperti ujung jari manusia, leher, ujung telinga, lengan bahkan dada manusia. Namun, dalam penelitian ini tepatnya saat pengambilan data peneliti menggunakan ujung jari sebagai lokasi pengukurannya. Hal tersebut didapat dari hasil

analisa praktik yang menunjukkan bahwa sensor tersebut lebih sensitif ketika digunakan pada ujung jari manusia. Hal ini telah dibuktikan pada tabel berikut:

Tabel 4.8. Tabel Pengukuran Pulse Sensor Pada Bagian Dada

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Persentase Error
1	63	80	26,984
2	74	105	41,892
3	69	84	21,739
4	71	61	14,085
5	69	111	60,870
6	74	61	17,568
7	69	112	62,319
8	72	107	48,611
9	69	97	40,580
10	63	112	77,778
		Total Error (%)	41, 242

Tabel 4.9. Tabel Pengukuran Pulse Sensor Pada Bagian Leher

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Persentase Error
1	63	67	6,349
2	68	86	26,471
3	67	78	16,418
4	65	103	58,462
5	72	61	15,278
6	65	67	3,077
7	67	72	7,463
8	68	51	25
9	72	82	13,889
10	69	86	24,638
		Total Error (%)	19,704

Tabel 4.10. Tabel Pengukuran Pulse Sensor Pada Bagian Lengan

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Persentase Error
1	68	107	57,353
2	70	123	75,714
3	65	143	120
4	74	72	2,703
5	70	112	60
6	69	97	40,580
7	68	111	63,235
8	66	108	63,636
9	70	112	60
10	61	121	98,361
		Total Error (%)	64,361

Tabel 4.10. Tabel Pengukuran Pulse Sensor Pada Bagian Ujung Jari

No.	Mi Band	Pulse Sensor	Persentase Error
1	70	69	1,428
2	74	72	2,702
3	67	68	1,492
4	63	68	7,936
5	69	69	0
6	65	65	0
7	70	72	2,857
8	71	70	1,408
9	71	72	1,408
10	71	74	4,225
		Total Error (%)	2,345

Pada pengujian perbandingan nilai pembacaan detak jantung dengan nilai pembanding, diketahui bahwa peneliti menggunakan alat pembanding berupa Xiaomi Mi Band 2. Digunakannya pembanding merek xiaomi ini karena setelah peneliti membaca dari banyak referensi, alat ini memiliki akurasi, sensitivitas dan presisi yang baik pembacaan yang baik. Oleh karena itu peneliti menggunakan Mi Band 2 ini sebagai media pembanding dan juga menggunakan alat yang sangat mudah. Namun tetap, alat ini juga memiliki kelemahan seperti alat pendeteksi jantung lainnya, yaitu pengukuran saat benda bergerak.

Pada pulse sensor, sensor ini memiliki membutuhkan waktu untuk melakukan pembacaan dengan stabil. Saat tidak terdapat detak jantung alat ini mempunyai nilai pembacaan yang sangat tinggi dikarenakan sensor tidak memiliki atau mendeteksi aliran darah sebagai media pemantul untuk sensor. Ketika sensor mulai mendeteksi detak jantung, sensor membutuhkan waktu untuk pengukuran kembali. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk membaca kembali detak jantung adalah 2-5 detik. Hal ini telah ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Pengujian ketahanan alat telah dilakukan selama 72 jam tidak berhenti dengan hasil yang tetap baik dalam melakukan pengukuran. Bayi yang dirawat didalam inkubator tidak dapat dipastikan akan seberapa lamanya. Waktu bayi prematur didalam inkubator bergantung pada dokter atau perawat kesehatan yang menanganinya. Namun

bayi prematur yang tidak mengalami masalah serius pada penyakitnya biasanya hanya dirawat didalam inkubator paling lama 3 hari.

Dari hasil pengujian buzzer, diketahui bahwa buzzer merupakan alat yang berfungsi sebagai pemberitahu atau alarm kepada petugas kesehatan jika terdapat masalah pada bayi preatur didalam inkubator. Dari hasil pengujian, ketika buzzer diatur untuk menyala dalam rentang detak dibawah 50 bpm atau melebihi 80 bpm buzzer telah berfungsi dengan baik. Pengaturan batas detak jantung untuk buzzer dapat disesuaikan dengan cara merubah programnya pada software Arduino.

BAB 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah terealisasi rancang bangun alat pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler dengan divais pengindra pulse sensor yang mampu membaca detak jantung dengan baik.
2. Alat pendeteksi detak jantung ini memiliki nilai persentasi presisi sebesar $\pm 95\%$ jika dibandingkan dengan alat pendeteksi jantung pembanding.
3. Pada penelitian ini, ujung jari manusia merupakan daerah paling sensitif untuk mengukur detak jantung menggunakan pulse sensor.
4. Alat pendeteksi detak jantung ini dapat beroperasi dengan jam kerja 72 jam atau 3 hari .

Daftar Pustaka

- [1] Rahim, H.A., Dalimi, A., Jaafar, H., "Detecting Drowsy Driver Using Pulse Sensor," Jurnal Teknologi, Vol. 73, No. 3, pp. 5-8, 2015.
- [2] Hashim, N.M.Z., Ali, N.A., Salleh, A., Jaafar, A.S., Abidin, N.A.Z., "Development of optimal Photosensors Based Heart Pulse Detector," International Journal of Engineering and Technology (IJET), Vol.5, No. 4, pp. 3601-3607, September, 2013.
- [3] Wijaya, N.H., Raharja, N.M., Iswanto, "Monitoring the Heart Rate and Body Temperature Based on Microcontroller," Global Journal of Pure and Applied Mathematics, Vol. 13, No. 2, pp. 237-244, 2017.
- [4] Mallick, B., Patro, A.K., "HEART RATE MONITORING SYSTEM USING FINGER TIP THROUGH ARDUINO AND PROCESSING SOFTWARE,"

International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Vol 5, No. 1, pp. 84-89, January 2016.

- [5] Babiker, S.F., Abdel-Khair, L. E., Elbasheer, S. M., "Microcontroller Based Heart Rate Monitor using Fingertip Sensors," UofKEJ, Vol. 1 No. 2, pp. 47-51, October 2011.
- [6] Myllymaki, S., Huttunen, A., Jantunen, H., "Measurement Method for Sensitivity Analysis Of Proximity Sensor and Sensor Antenna Integration in a Handheld Device," Progress In Electromagnetics Research C, Vol. 20, pp. 255-268, 2011.
- [7] Valle-Lopera, D. A., Castaño-Franco, A. F., Gallego-Londoño, j., Hernández-Valdivieso, A.M., "Test and fabrication of piezoresistive sensors for contact pressure measurement," Revista Facultad de Ingeniería, No. 82, pp. 47-52, 2017.
- [8] Pinter, A., Huba, A., "Study of Pressure-Sensitive Materials for Floor Sensor Networks," Periodica Polytechnica Mechanical Engineering, Vol. 60, No. 1, pp. 32-40, 2016.