

# Rancang Bangun Alat Pengukur Detak Jantung Antarmuka Smartphone Melalui Bluetooth

*Design and construct of Heart Rate Monitoring Interface Smartphone via Bluetooth*

Ahmad Kamal, AMTE<sup>1</sup> dan Arfian Ahmad<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektronika – Program Studi Teknik Elektro, FTI-ISTN Jakarta.

<sup>2</sup>Dosen Prodi Teknik Elektro, FTI-ISTN Jakarta.

## Abstrak

Memonitor detak jantung merupakan salah satu indikasi penting dari fungsi dasar tubuh. Antar muka smartphone pemonitor detak jantung melalui Bluetooth dirancang untuk mengukur dan memonitor detak jantung manusia melalui peralatan yang sederhana. Dari rancang-bangun peralatan pengukur detak jantung menunjukkan menunjukkan hasil pengukuran dengan keakurasian yang mencapai 99,98%. Disamping itu, dalam pengujian unjuk kerja dalam pengiriman data antara alat pengukur detak jantung dengan interface smartphone berbasis android melalui Bluetooth berfungsi dengan baik. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja sesuai dengan perencanaan sehingga bisa digunakan untuk menghitung jumlah detak jantung.

**Kata kunci :** *Jantung, Pulse Sensor, Mikrokontroler ATmega328, Bluetooth HC-05, Smartphone Android.*

## Abstract

*Heart rate monitoring is one of vital signs that showed basic functions of the body. Heart monitoring interface smartphone by Bluetooth is designed to measure and monitor human's heart rate through simple device. Study of heart monitoring device showed accuracy rate up to 99,98%. Otherwise, trial of data synchronization between monitoring device and smartphone via Bluetooth lead to great result.*

**Key words :** *Heart, Pulse Sensor, Microcontroller ATmega328, Bluetooth HC-05, Android Smartphone.*

## 1. Pendahuluan

Dalam pemeriksaan medis, sebelum melakukan diagnosa penyakit seseorang, tahap awal yang dilakukan adalah melakukan pengukuran detak jantung. Hal itu dilakukan karena jantung merupakan organ utama pada tubuh manusia, dimana kerja jantung akan mempengaruhi kerja organ penting lainnya pada tubuh manusia. Adapun kondisi kerja dari jantung sangat dipengaruhi oleh lingkungan, kondisi psikis dan tingkat emosi seseorang. Seseorang yang sedang berolahraga mempunyai jumlah detak jantung yang lebih cepat dibandingkan dengan waktu istirahat. Hal yang sama seseorang yang dalam kondisi emosional atau dalam kondisi ketakutan yang sangat akan mengalami detak jantung yang lebih cepat dibandingkan dengan kondisi normal. Dengan demikian jumlah detak jantung setiap orang situasional sekali. Oleh sebab itu, kesehatan jantung menjadi prioritas utama manusia yang harus benar-benar diperhatikan kesehatannya.

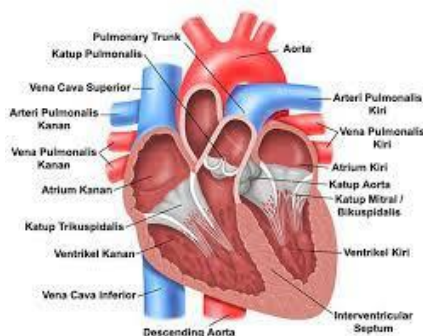
Didasarkan pada apa yang sudah diuraikan diatas, dimana perlunya mengetahui jumlah detak jantung suatu saat untuk menentukan analisa awal dari seseorang yang menderita sakit. Dari kondisi tersebut timbul gagasan untuk merancang dan

membuat suatu alat yang dapat digunakan dengan mudah untuk membantu mengukur atau memantau detak jantung dengan bantuan sensor. Adapun hasil pembacaan sensor ini dapat disimpan dan dikirim melalui Bluetooth ke Smartphone Android sehingga seseorang setiap saat bisa melihat jumlah detak jantungnya setiap saat melalui Android tersebut.

## 2. Jantung

Jantung (bahasa latin: *cor*) adalah organ muskular yang berperan dalam sistem peredaran darah yang terletak di dalam rongga dada (dibalik tulang dada). Jantung merupakan organ penting dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk memompakan/mengalirkan darah melalui paru – paru keseluruhan tubuh. Pada saat berdenyut setiap ruang jantung mengendur dan terisi darah (diastol). Selanjutnya jantung berkontraksi dan memompa darah keluar ruang jantung (sistol). Jantung memiliki beberapa ruang, seperti atrium kanan, atrium kiri, ventrikel kanan, ventrikel kiri. Kedua atrium mengendur dan berkontraksi secara bersamaan, dan kedua ventrikel juga mengendur dan berkontraksi secara bersamaan. Darah yang kehabisan oksigen dan

mengandung banyak karbondioksida (darah kotor) dari seluruh tubuh mengalir melalui dua vena besar (vena kava) menuju ke dalam atrium kanan. Setelah atrium kanan terisi darah, ia akan mendorong darah ke dalam ventrikel kanan melalui katup trikuspidalis. Darah dari ventrikel kanan akan dipompa melalui katup pulmoner ke dalam arteri pulmonalis menuju ke paru-paru. Darah akan mengalir melalui pembuluh darah kecil (pembuluh kapiler) yang mengelilingi kantong udara di paru-paru menyerap oksigen dan melepaskan karbon dioksida yang selanjutnya dialirkan kembali ke jantung. Darah yang kaya akan oksigen mengalir di dalam vena pulmonalis menuju ke atrium kiri.



Gbr. 1. Jantung

Peredaran darah di antara bagian kanan jantung, paru-paru dan atrium kiri disebut sirkulasi pulmoner karena darah dialirkan ke paru-paru. Darah dalam atrium kiri akan didorong menuju ventrikel kiri melalui katup bikuspidalis/mitral, yang selanjutnya akan memompa darah bersih ini melewati katup aorta masuk ke dalam aorta (pembuluh darah besar) dan demikian seterusnya. Jantung tersusun dari otot yang bersifat khusus yang disebut dengan otot jantung. Otot jantung bergaris seperti pada otot sadar dimana perbedaannya ialah bahwa serabutnya bercabang dan *anastomase* atau bersambung satu sama lain dan tersusun memanjang seperti pada otot bergaris, berciri khas merah dan berdetak secara spontan. Dengan kata lain, otot jantung memiliki kemampuan khusus untuk mengadakan kontraksi otomatis dan ritmis tanpa tergantung pada ada tidaknya rangsangan saraf. Gerakan jantung berasal dari *nodus sinoatrial* (SA Node), kemudian kedua atrium kanan dan kiri berkontraksi. Akibat dari kontraksi atrium, menyebabkan darah dari atrium mengalir ke bilik melalui katup sehingga bilik menjadi berkontraksi. Kontraksi jantung dilanjutkan dengan mengalirkan darah dari bilik ke seluruh tubuh maupun ke paru – paru dengan kontraksi dari bilik (ventrikel). Aktivitas kelistrikan jantung ini yang dikenal sebagai denyut jantung. Pada orang yang sedang istirahat, denyut jantungnya sekitar 70 kali dalam 1 menit. Dalam satu kali denyut darah akan terpompa sebanyak 70 ml sehingga dalam waktu 1 menit

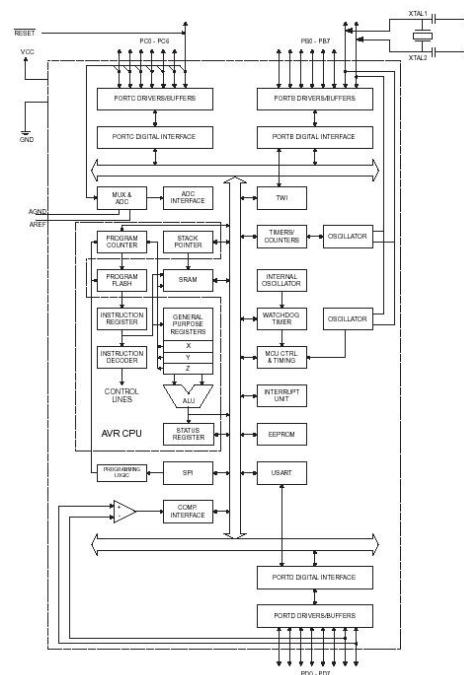
darah akan terpompa sebanyak 70 x 70 ml atau sekitar 5 liter. Sejumlah masalah pada tubuh dapat mempengaruhi irama detak jantung dan dalam ilmu kedokteran disebut dengan *aritmia*. Selama *aritmia*, jantung dapat berdetak lebih cepat ataupun lebih lambat sehingga irama detak jantung menjadi tidak teratur. Jika denyut jantung berdetak lebih cepat dari detak jantung normal, biasanya jantung akan berdetak lebih dari 100 bpm yaitu suatu kondisi pada jantung yang dikenal dengan *takikardia*. Bila kondisi denyut jantung mengalami kondisi berdetak lebih lambat dari kondisi normal atau biasanya denyut jantung akan berdetak kurang dari 60 bpm yaitu suatu kondisi pada jantung yang biasanya dikenal sebagai *bradikardia*.

Jika denyut jantung berdetak lebih atau sama dengan 150 bpm, maka kondisi tersebut biasa dikenal sebagai *takikardia supraventricular (SVT)*. Pada SVT, system kelistrikan jantung yang mengontrol detak jantung mengalami kondisi terganggu sehingga pada umumnya membutuhkan perhatian medis.

### 3. Landasan Teori

#### 3.1. Mikrokontroler Atmega 328

Mikrokontroler adalah suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) serta memori serbaguna (RAM). Adapun mikrokontroler yang digunakan dalam rancang bangun alat ukur detak jantung ini adalah mikrokontroler Atmega 328.



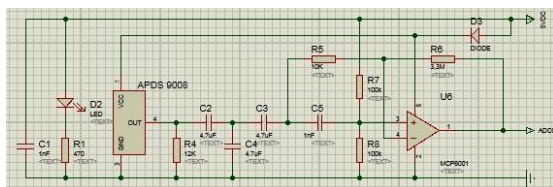
Gbr. 2. Mikrokontroler Atmega 328.

ATMega 328 sebagaimana yang diperlihatkan pada Gbr. 1 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total *pin*

input/output sebanyak 28 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai input/output digital atau difungsikan sebagai peripheral lainnya.

**3.2. Rangkaian Sensor Detak Jantung**

Sensor detak jantung merupakan piranti yang dapat menyadap aktivitas jantung pada ujung jari tangan. Prinsip kerja dari sensor detak jantung berdasarkan pada perubahan intensitas cahaya, dihasilkan oleh LED, yang ditangkap oleh sensor cahaya. Perubahan intensitas cahaya akibat perubahan tekanan darah (denyut nadi) ditangkap oleh sensor cahaya yang menghasilkan perubahan magnitud dari amplitudo tegangan luaran sensor, sehingga fluktuasi dari tekanan darah akan sebanding dengan fluktuasi amplitudo tegangan. Sensor detak jantung atau sensor pulsa yang digunakan adalah tipe APDS-9008 memiliki sensitivitas pada panjang gelombang 565 nm pada spektrum berwarna hijau.



Gbr. 3. Sensor detak jantung dan rangkaianannya.

Gbr. 3 menampilkan rangkaian sensor detak jantung, dimana pada bagian sensor terdapat 3 pin yang masing-masingnya berfungsi sebagai catu tegangan V<sub>CC</sub> untuk pin 1, ground untuk pin 3 dan luaran untuk pin 2 yang dihubungkan dengan Port C atau pin 23 pada mikrokontroler yang merupakan pin ADC yang akan mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital.

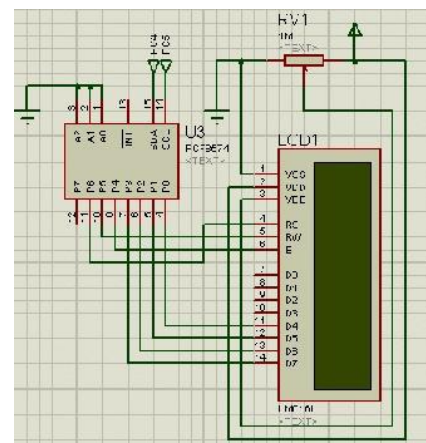
**3.3. Analog to Digital Converter**

Karena sinyal yang masuk kedalam sinyal processing pada mikrokontroler harus merupakan sinyal digital, maka luaran sensor jantung yang masih dalam bentuk analog harus diubah lebih dahulu kebentuk digital agar bisa diproses. Perubahan dari sinyal analog ke digital ini dilakukan oleh Analog to Digital Converter (ADC). Pada mikrokontroler keluarga AVR seri ATmega 328, fitur ADC sudah build in di dalam chip, dimana hal ini menjadi suatu kelebihan dari mikrokontroler ini dibandingkan dengan mikrokontroler tipe lainnya yang menggunakan rangkaian ADC eksternal tambahan. Adapun mikrokontroler Atmega 328 ini memiliki resolusi ADC 10 bit.

**3.4. Rangkaian LCD dan Driver PCF8574**

LCD akan menampilkan data hasil pengukuran apabila terdapat antarmuka (driver) antara mikrokontroler dengan LCD yang berfungsi mengaktifkan LCD. Bila mikrokontroler mengirimkan sinyal START ke alamat PCF8574

yang selanjutnya akan mengaktifkan LCD. Gbr 5 merupakan gambar PCF8574 sebagai driver LCD. Terdapat 2 macam transmisi yang akan dikirimkan yaitu master yang mengirimkan data dan master yang mengirimkan instruksi aktivasi ke LCD. Apabila master mengirimkan data maka tampilan pada LCD adalah tampilan data yang berasal dari internal RAM Atmega 328, namun jika master mengirimkan instruksi maka tampilan pada LCD adalah berupa instruksi. Instruksi adalah data yang didapatkan dari penekanan tombol keypad yang telah dikonversikan oleh master kemudian ditampilkan pada layar LCD.



Gbr. 4. Rangkaian LCD dan drivernya

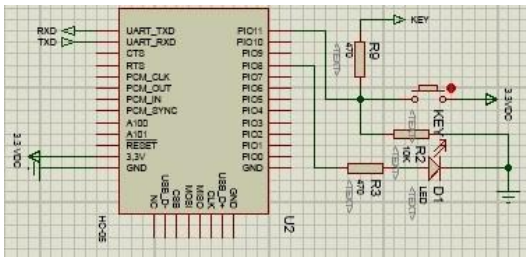
Alamat hardware LCD adalah 70 H dan data akan dikirimkan melalui antar muka (diver) PCF8574, sehingga pada saat pengiriman alamat 8 bit dilakukan, bit penentu arah atau bit ke-8 akan selalu '0' sehingga alamat untuk LCD pada software tidak berubah. Transmisi data dari PCF8574 ke LCD menggunakan metode transmisi data 4 bit. Hal ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan kaki IC PCF8574. Jika transmisi data yang dilakukan adalah mode 8 bit maka dibutuhkan 8 kaki untuk data serta 3 kaki masing-masing untuk RS, R/W, dan E. Sedangkan pada PCF8574 hanya memiliki 8 luaran. Pada mode transmisi 4 bit ini data akan dikirim per 4 bit secara serial, kemudian diikuti 4 bit berikutnya, data yang dikirimkan harus dari bit yang terbesar (MSB) hingga (LSB).

**3.5. Bluetooth HC05**

Hasil pembacaan detak jantung, selain bisa ditampilkan pada LCD juga bisa ditampilkan pada smartphone. Sebagai media transmisi data nirkabel antara alat penghitung detak jantung dengan smartphone digunakan Bluetooth yang bekerja pada frekuensi gelombang elektromagnetik sebesar 2,4 GHz.

Pada Gbr 5 ditampilkan Bluetooth HC-05 dengan konfigurasi pinnya. Bluetooth ini menggunakan system *frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)* yang mempunyai kecepatan maksimum 1 Mbps. Berdasarkan pada kemampuan jarak

komunikasinya, bluetooth dibagi dalam dua kelas, yaitu kelas yang mempunyai kemampuan berkomunikasi mencapai jangkauan jarak 100 m dan kelas 2 yang mencapai jangkauan jarak 15 m.

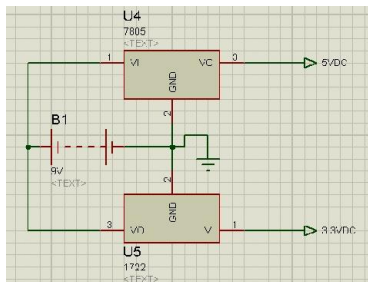


Gbr. 5. Bluetooth HC-05 dan konfigurasi pinnya.

Bluetooth HC-05 merupakan Bluetooth seri yang terdiri dari modul *Bluetooth interface serial* dan *adapter*. *Bluetooth serial* digunakan untuk mengkonversi port *serial Bluetooth*. Modul ini memiliki dua mode yaitu master dan slave.

**3.6. Catu Daya dan Regulator Tegangan**

Tegangan yang dibutuhkan untuk alat pengukur detak jantung ini adalah dual tegangan yaitu 5 volt dan 3,3 volt. Sedangkan baterai dengan tegangan sebesar yang dibutuhkan oleh alat ini tidak ada di pasaran, maka digunakanlah baterai yang memiliki tegangan sebesar 9 VDC. Untuk mendapatkan tegangan yang sesuai dengan yang diinginkan, maka digunakan dua buah IC regulator, yaitu IC regulator tipe LM 7805 yang menghasilkan tegangan sebesar 5 volt dan IC regulator tipe 1722 yang menghasilkan tegangan sebesar 3,3 volt



Gbr. 6. Regulator untuk catu daya.

Gbr. 6 memperlihatkan rangkaian regulator untuk catu daya dual dengan menggunakan IC LM 7805 untuk menghasilkan tegangan 5 volt dan IC 1722 untuk menghasilkan tegangan 3,3 volt.

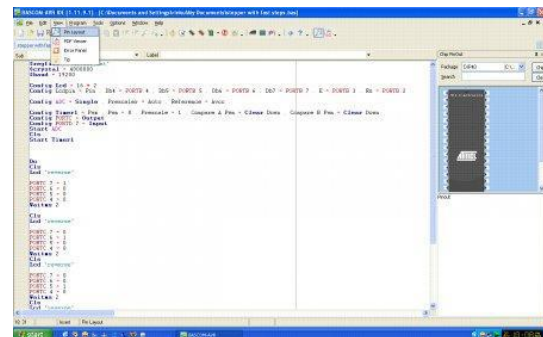
**3.7. Buzzer**

Untuk menampilkan bit dari denyut jantung digunakan buzzer. Sebagai saklar untuk menyalakan buzzer digunakan transistor tipe BD 139, dimana emiter dari transistor terhubung dengan pin positif dari buzzer, sedangkan pin negatif buzzer terhubung dengan ground. Selanjutnya kolektor dari transistor terhubung dengan tegangan sebesar +5 volt dan basis

transistor terhubung dengan port D.2 pada mikrokontroler.

**3.8. Bascom AVR**

Dalam merancang-bangun alat pengukur detak jantung, disamping penggunaan perangkat keras juga diperlukan perangkat lunak (software) agar alat ini dapat berfungsi. Perangkat lunak yang biasa digunakan antara lain adalah Bascom AVR. Bascom-AVR adalah program basic compiler berbasis windows untuk mikrokontroler AVR yang merupakan pemrograman bahasa tingkat tinggi yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS elektronika sehingga dengan mudah dimengerti ataupun diterjemahkan. Bahasa pemrograman basic banyak digunakan untuk aplikasi mikrokontroler jenis AVR dan didukung dengan compiler pemrograman berupa software bascom-avr. Jenis perintah programnya seperti do, loop, if, then, dan lain-lain. Bascom-avr sendiri adalah salah satu peralatan untuk pengembangan atau pembuatan program untuk kemudian ditanamkan dan dijalankan pada mikrokontroler. Bascom-avr juga bisa disebut sebagai IDE (Integrated Development Environment) yaitu lingkungan kerja yang terintegrasi, selain itu juga digunakan untuk menanamkan kode program menjadi file hex atau bahasa mesin. Bascom-avr juga memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan komunikasi serial.



Gbr. 7. Contoh program pada Bascom-AVR

**3.9. Aplikasi Android**

Hasil pengukuran detak jantung, selain ditampilkan dengan LCD pada alat juga bisa ditampilkan pada smartphone yang berbasis android. Agar hal tersebut dapat dicapai, maka digunakan Aplikasi Android yang dikembangkan dalam bahasa pemrograman java dengan menggunakan kit pengembangan perangkat lunak Android (SDK). SDK ini terdiri dari seperangkat perangkat pengembangan termasuk debugger, perpustakaan perangkat lunak, emulator handset yang berbasis QEMU, dokumentasi, kode sampel, dan tutorial. Pemilihan pada penggunaan program android ini karena programnya bersifat open source dibandingkan menggunakan program berbasis apple atau semacamnya.

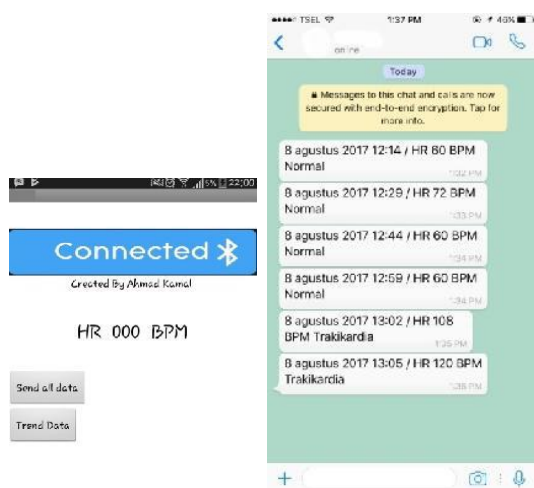
Pada program android yang dibuat, selain monitoring hasil pengukuran secara langsung juga dilengkapi dengan penyimpanan data atau disebut dengan trend data yang dapat dilihat pada beberapa waktu kemudian. Adapun monitoring pada smartphone terkoneksi melalui bluetooth dengan alat pengukur detak jantung.

Didukung secara resmi oleh lingkungan pengembangan terpadu (IDE) eclipse, yang menggunakan plug in Android Development Tools (ADT). Perangkat pengembangan lain yang tersedia diantaranya adalah ekstensi dalam C++, Google App Inventor, dan berbagai kerangka kerja aplikasi web seluler. Gbr 8 menampilkan contoh google app inventor.



Gbr. 8. Contoh Program Google App Inventor

Tombol pada menu awal yaitu “trend data” dimaksudkan untuk dapat melihat hasil penyimpanan data sebelumnya. Pada menu trend data ketika kondisi jantung mengalami perubahan kondisi, maka data akan tersimpan secara otomatis dan kemudian dapat dilihat waktu kejadian perubahan kondisi tersebut dan akan memberikan sinyal berupa alarm bila terjadi perubahan sewaktu-waktu. Program penyimpanan data tersebut secara otomatis mengirim data yang tersimpan ke

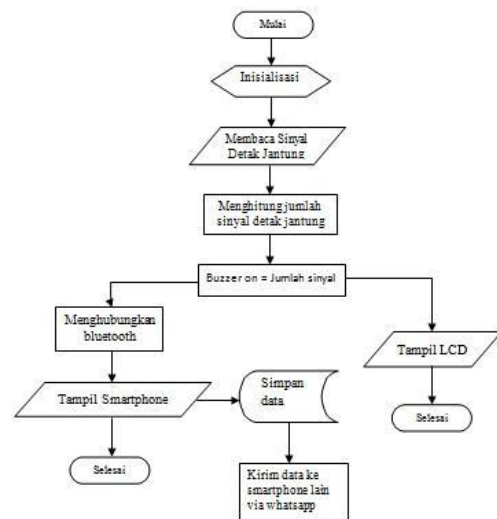


Gbr. 9. (a). Tampilan Awal Aplikasi  
(b). Tampilan Aplikasi Whatsapp

smartphone melalui aplikasi whatsapp dan pengguna yang menerima data tersebut akan

langsung mengetahui kondisi yang terjadi sebelumnya bila kondisi jantung mengalami bradikardia ataupun takikardia.

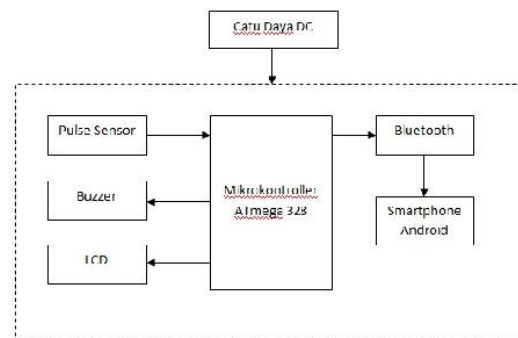
Pada Gbr 9a menunjukkan tampilan pada smartphone ketika menerima data dari aplikasi whatsapp.



Gbr.10. Diagram alir program

**4. Prinsip kerja alat pengukur detak jantung.**

Dalam merancang alat pengukur detak jantung, pertama-tama harus dipahami prinsip kerja dari alat ini. Pada Gbr. 10 diperlihatkan diagram blok dari alat pengukur detak jantung, sedangkan pada Gbr. 11 diperlihatkan gambar rangkaian lengkapnya.



Gbr. 10. Diagram blok pengukur detak jantung.

Alat pengukur detak jantung ini mempunyai catu daya dari baterai 9 volt. Adapun kebutuhan sumber dayanya terdiri dari tegangan 5 volt dan 3,3 volt yang diturunkan melalui regulator tegangan LM 7805 untuk luaran 5 volt dan regulator 1722 untuk luaran 3,3 volt.

Sensor yang mendeteksi sinyal detak jantung ialah sensor tipe APDS9008 dengan tegangan catu daya sebesar 5 volt. Sensor ini dilengkapi dengan lampu LED dan photo diode, dan ditempatkan pada ujung jari dengan posisi jari diantara LED dan photo dioda. Dengan mendapat catu tegangan sebesar 5 volt, maka LED akan memancarkan cahaya yang

akan ditangkap oleh photo dioda, dimana intensitas cahaya yang ditangkap oleh photo dioda dipengaruhi oleh kerapatan darah yang mengalir pada ujung jari. Adapun kerapatan darah dipengaruhi oleh tekanan darah yang mengalir pada pembuluh darah, dimana pada tekanan yang tinggi yaitu pada saat jantung memompakan darah maka hambatan cahaya yang diterima photo dioda adalah maksimum. Dengan demikian fluktuasi dari aliran darah akan berbanding terbalik dengan fluktuasi intensitas cahaya yang diterima photo dioda yang akan menghasilkan tegangan luaran sensor denyut jantung. Hasil luaran sensor denyut jantung ini masih dalam bentuk sinyal analog.

Sinyal yang dihasilkan oleh sensor diberikan pada rangkaian ADC mikrokontroler pada pin 23 port ADC yang selanjutnya diubah menjadi sinyal digital. Sinyal digital yang dihasil diberikan pada rangkaian pusat pemrosesan sinyal pada mikrokontroler Atmega 328, dimana melalui program yang diinstall/dimasukan menghasilkan tiga luaran yaitu melalui port 4 terhubung ke rangkaian buzzer, port 2 dan 3 terhubung ke rangkaian Bluetooth dan port 37 dan 38 terhubung ke rangkaian LCD melalui rangkaian driver LCD PCF8574.

Dalam hal ini, rangkaian buzzer berfungsi mengeluarkan nada bit dari sinyal detak jantung yang terdeteksi oleh sensor dan rangkaian Bluetooth HC-05 berfungsi untuk mengirimkan data yang telah diproses oleh mikrokontroler ke smartphone. Smartphone berbasis android yang telah memiliki aplikasi menerima data melalui bluetooth dan menampilkan hasil pengukuran denyut jantung tersebut.

Selanjutnya, LCD akan bekerja apabila mikrokontroler telah mengirimkan sinyal START ke alamat driver PCF8574 yang akan mengaktifkan LCD. Dalam hal ini terdapat 2 macam transmisi yang dikirimkan yaitu master mengirimkan data dan master mengirimkan instruksi. Apabila master mengirimkan data maka tampilan pada LCD adalah tampilan data yang berasal dari internal RAM Atmega 328, namun jika master mengirimkan instruksi maka tampilan pada LCD adalah berupa instruksi. Instruksi adalah data yang didapatkan dari penekanan tombol keypad yang telah dikonversi oleh master yang kemudian ditampilkan pada layar LCD. Alamat hardware LCD adalah 70 H dan data akan dikirimkan melalui driver PCF8574, sehingga pada saat pengiriman alamat 8

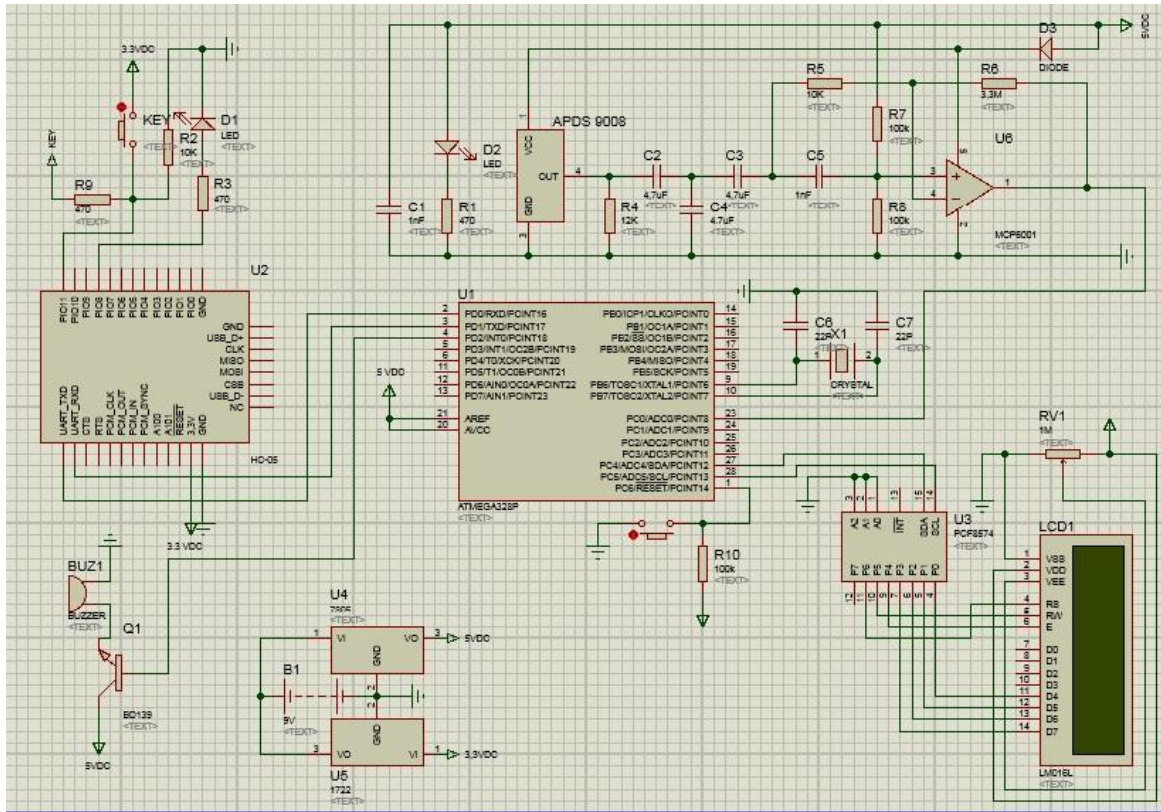
bit dilakukan, bit penentu arah atau bit ke-8 selalu '0' sehingga alamat untuk LCD pada software tidak berubah. Transmisi data dari PCF8574 ke LCD menggunakan metode transmisi data 4 bit. Hal ini dilakukan untuk mengatasi keterbatasan kaki IC PCF8574. Jika transmisi data yang dilakukan adalah mode 8 bit maka dibutuhkan 8 kaki untuk data serta 3 kaki masing-masing untuk RS, R/W, dan E. Sedangkan pada PCF8574 hanya memiliki 8 luaran. Pada mode transmisi 4 bit ini data dikirim per 4 bit secara serial, kemudian diikuti 4 bit berikutnya, dimana pengiriman data dimulai dari bit yang terbesar (MSB) hingga terendah (LSB).

## 5. Simpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan alat pengukur detak jantung ini, yang dilanjutkan dengan pengujian unjuk kerja dan analisa hasil pengukuran fungsi dari bagian-bagian alat, didapat hasil dengan kesalahan yang kecil, yaitu dengan prosentase kesalahan rata-rata dari pengukuran sebesar 0,02% serta tingkat keakuratan dari modul sebesar 99,98%. Dengan demikian unjuk kerja dari alat pengukur denyut jantung ini mempunyai keandalan yang memenuhi syarat untuk bisa digunakan sebagai kontrol untuk melakukan pengujian yang sewaktu-waktu dilakukan.

## 6. Daftar Pustaka

- Pearce, Evelyn Pearch, 2006. Anatomi dan Fisiologi untuk paramedic. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.  
<http://elektrologi.kabarkita.org/sensor-detak-jantung/>  
[http://www.academia.edu/5224124/PEMERIKSAAN\\_DENYUT\\_NADI\\_DAN\\_PENGUKURAN\\_TEGANGAN\\_DARAH](http://www.academia.edu/5224124/PEMERIKSAAN_DENYUT_NADI_DAN_PENGUKURAN_TEGANGAN_DARAH)  
<https://belajar.kemdikbud.go.id/SumberBelajar/tampil.php?ver=12&idmateri=46&lvl1=3&lvl2=1&lvl3=0&k1=8>  
<http://www.topendsports.com/testing/heart-rateresting-chart.htm/>  
<http://hcmodule.com/2013/06/19/using-the-hc-06-bluetooth-module/>  
<http://www.pulsesensor.com/>  
<http://digilib.itelkom.ac.id/>



Gbr. 11. Rangkaian lengkap alat pengukur detak jantung.