

Perancangan Monitoring Sinyal EKG (Elektrokardiografi) Jantung Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android Sebagai Penampil Sinyal Dengan Memanfaatkan Komunikasi *Bluetooth*

Afriansyah¹, M. Andang Novianta, S.T., M.T.², dan Subandi, S.T., M.T.³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND

Jl. Kalisahak No.28 Kompleks Balapan, Yogyakarta, Indonesia
funkyking01@gmail.com¹, m_andang@akprind.ac.id², -³

ABSTRACT

Cardiac activity produces a biopotential signal called ECG (Electrocardiography). Monitoring the cardiac ECG signal is performed by measurement at body surface points using Einthoven triangle method. The system reads data from electrode sensors attached to the body and received by the microcontroller. Using bluetooth, data is sent to Android to display ECG signals in real-time.

After the test process it can be concluded that ECG monitoring using Android-based microcontroller works well where the signals appear have normal heart characteristic that is P wave, Q, R, S and T. HeartDroid application works well to receive ECG signal data from microcontroller using bluetooth to handphone based Android as a signal viewer of ECG and BPM heart rhythm, while the data displayed on the controller consists of BPM, indication of heart condition, and indicator of heart condition using led where the green color is good condition, amber enough condition, and red bad condition.

Based on the results of BPM measurements of patients using a comparison tool, obtained the average difference value of 5 BPM is not much different from the value of comparison with percentage error 0.10%. Error difference can be caused by accumulation factor such as power supply error 0.02%, 0.01% ADC, 3% HPF filter, and component error tolerance affecting ECG signal observation and heart Beat Per Minute reading. The standard deviation error of 7.85% is obtained and the average error is 10.70%. Precision value is 92,15% and data accuracy 89,30%.

Keywords: Heart, ECG (Electrocardiography), Arduino Microcontroller, Android, Bluetooth.

INTISARI

Aktifitas jantung menghasilkan sinyal biopotensial yang disebut EKG (Elektrokardiografi). Memonitor sinyal EKG jantung dilakukan dengan pengukuran pada titik-titik permukaan tubuh menggunakan metode segitiga Einthoven. Sistem membaca data dari sensor elektroda yang ditempelkan pada tubuh dan diterima oleh mikrokontroler. Menggunakan *bluetooth*, data dikirim ke Android untuk menampilkan sinyal EKG secara *real-time*.

Setelah proses pengujian, disimpulkan monitoring EKG menggunakan mikrokontroler berbasis Android berfungsi dengan baik dimana sinyal tertampil sudah memiliki ciri jantung normal yaitu gelombang P, Q, R, S dan T. Aplikasi *HeartDroid* bekerja dengan baik menerima data sinyal EKG dari mikrokontroler menggunakan *bluetooth* ke *handphone* berbasis Android sebagai penampil sinyal EKG dan BPM ritme jantung, sedangkan data tertampil pada alat kontrol terdiri dari BPM, indikasi kondisi jantung, dan indikator kondisi jantung menggunakan led dimana warna hijau kondisi baik, kuning kondisi cukup, dan merah kondisi buruk.

Berdasarkan hasil pengukuran BPM pasien menggunakan alat pembanding, didapatkan nilai selisih rata-rata 5 BPM tidak jauh berbeda dengan nilai pembanding dengan presentase *error* 0.10%. *Error* selisih dapat disebabkan faktor akumulasi seperti *error* catu daya 0.02%, ADC 0.01%, filter HPF 3%, dan *error* toleransi komponen sehingga mempengaruhi hasil pengamatan sinyal EKG dan pembacaan BPM (*Beat Per Minute*) jantung. Diperoleh standar deviasi *error* sebesar 7,85% dan *error* rata-rata sebesar 10,70%. Nilai presisi didapatkan sebesar 92,15% dan tingkat akurasi data sebesar 89,30%.

Kata Kunci: Jantung, EKG (Elektrokardiografi), Mikrokontroler Arduino, Android, *Bluetooth*.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin canggih yang disinergikan dengan ilmu kedokteran untuk mengetahui kondisi kesehatan manusia dengan memonitor sinyal-sinyal biopotensial tubuh manusia. Hasil dari penyadapan sinyal biopotensial jantung disebut EKG (Elektrokardiografi). Alat EKG sulit untuk dibawa-bawa dan masih tergolong mahal sehingga dibutuhkan alat EKG yang *portable* sehingga praktis untuk dibawa serta harga yang lebih murah dengan fungsi dan performa yang sama seperti dirumah sakit guna sebagai alat pendukung pemeriksaan kesehatan pada jantung.

Berdasarkan permasalahan diatas, penulis mencoba mengembangkan sebuah alat “**Perancangan Monitoring Sinyal EKG (Elektrokardiografi) Jantung Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android Sebagai Penampil Sinyal Dengan Memanfaatkan Komunikasi Bluetooth**”. Sistem monitoring EKG dilakukan dengan membaca data dari sensor elektroda yang ditempelkan pada tubuh pasien dan diterima oleh mikrokontroler, dengan menggunakan system komunikasi data *bluetooth*, data tersebut selanjutnya dikirim ke android untuk ditampilkan sinyal EKG secara *real-time*.

Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai monitor sinyal EKG (Elektrokardiografi) yaitu antara lain sebagai berikut:

Achmad Hindasyah (2009), melakukan penelitian dengan judul Rancang Bangun Sistem Instrumentasi Elektrokardiogram Dan Aktifitas Gerak Secara *Wireless* dimana hasil pengamatan berupa data sinyal dari EKG dikirim secara *wireless* dan ditampilkan menggunakan *software* delphi 7 sebagai *user interfece* oleh penerima di PC (*Personal Computer*) untuk di amati dan dianalisa.

Arif Widodo (2010), mengembangkan Sistem Akuisisi ECG Menggunakan USB Untuk Deteksi Aritmia. Sinyal ECG dari kontroler akan dikirim melalui perangkat komunikasi serial ke USB (*Universal Serial Bus*) yang terhubung ke PC (*Personal Computer*), dimana sudah dirancang *software* akuisisi menggunakan delphi 7 untuk penampil sinyanya ECGnya dan

dilakukan analisa untuk mendeteksi Aritmia pada jantung.

I Komang Somawirata (2009), melakukan Pengembangan *Electro Cardiograph* (ECG) yang Terintegrasi Dengan Personal Komputer (PC) dimana fokus dalam penelitian ini hanya mengamati sinyal EKG yang ditangkap oleh sensor dan data yang didapat akan diamati dengan menggunakan aplikasi delphi sebagai *user interfece*.

Fuad Lutfi (2012), Mengklasifikasi Sinyal Elektrokardiografi Menggunakan *Wavelet Transform* Dan *Neural Network* dimana skema yang dirancang dari algoritma dalam penelitian ini untuk klasifikasi denyut EKG. Tahapan yang dilakukan yaitu mengolah data dengan memilih sample data, segmentasi data, dan akhirnya ekstraksi fitur. Tahap berikutnya adalah klasifikasi denyut EKG, semua proses menggunakan Matlab untuk mengolah data matrik dari *Neural Network* dan melihat data *spectrum Continuous Wavelet Transform (CWT)* dalam bentuk komputasi tiga dimensi (3D).

II. METODOLOGI

Metodologi menjelaskan urutan proses-proses metode penelitian yang digunakan meliputi:

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan merupakan bagian dari mekanisme perancangan sebuah alat yang meliputi perangkat keras ataupun perangkat lunak. Tahapan pembuatan dimulai dari disain blok diagram sistem, disain perangkat keras (*hardware*), serta disain perangkat lunak atau program (*software*).

1. Alat

Dalam pembuatan perancangan alat, diperlukan peralatan penunjang pelaksanaan perancangan, pengukuran, pengamatan, dan pengujian dari alat yang akan dibuat. Berikut adalah daftar peralatan yang digunakan:

- a) Solder dan Timah
- b) Penyedot Timah
- c) Tang Potong
- d) Tang Kupas
- e) Obeng

- f) Bor
- g) Lem Tembak
- h) Kabel
- i) Osiloskop
- j) Laptop

Peralatan diatas merupakan sebagian kecil dari kebutuhan dalam merancang alat EKG yang akan dilakukan dengan melalui beberapa tahapan perancangan alat diantaranya:

- Perancangan bagian *Hardware* yaitu meliputi perencanaan alat, perancangan rangkaian, pemasangan rangkaian, perakitan alat, pengujian sistem baik secara perblok maupun secara keseluruhan dan pembuatan tempat atau wadah.
- Perancangan bagian *Software* yaitu meliputi perencanaan perangkat lunak sistem pada mikrokontroler dan perangkat lunak pada *smartphone* berbasis android. Perangkat lunak pada mikrokontroler dirancang untuk melakukan proses konversi analog ke digital, dan pengiriman data melalui komunikasi *bluetooth*. Perangkat lunak pada *smartphone* berbasis android memproses data untuk ditampilkan dalam bentuk grafik, dan menampilkan *heart rate*.

2. **Bahan**

Untuk merealisasikan perancangan alat pada sripsi ini, dibutuhkan bahan-bahan penunjang dalam penelitian ini yaitu:

- a) Arduino UNO
- b) *Operational Amplifier*
- c) Kapasitor
- d) Resistor
- e) *Power Supply*
- f) Sensor EKG
- g) *Smartphone Android*
- h) *Software Arduino*

B. **Perancangan Sistem**

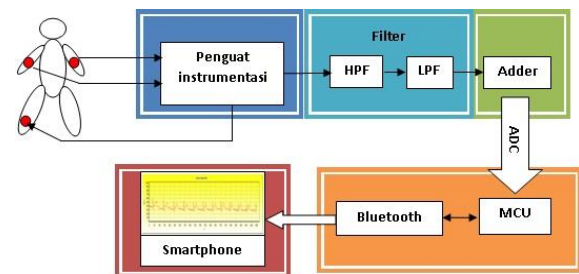
Perancangan sistem dimulai dengan tahapan pembuatan dari disain blok diagram sistem, disain perangkat keras (*hardware*), serta disain perangkat lunak atau program (*software*).

1. **Blok Diagram Sistem**

Secara umum, blok diagram sistem pada alat EKG (Elektrokardiografi) tersebut terdiri

atas *input* dan *output*. Pada bagian *input* terdiri dari beberapa unit yaitu:

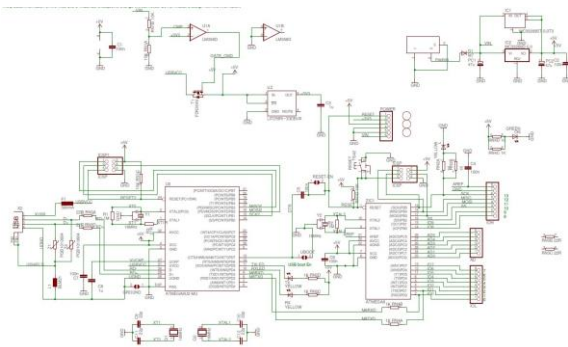
- a) Sensor elektroda yang berfungsi menangkap sinyal biopotensial dari jantung yang sedang berlangsung.
- b) Rangkaian *high pass filter* yang berfungsi meredam sinyal dengan frekuensi rendah dan melewatkan sinyal dengan frekuensi tinggi.
- c) Rangkaian *low pass filter* yang berfungsi meredam sinyal dengan frekuensi tinggi dan melewatkan sinyal dengan frekuensi rendah.
- d) Rangkaian *adder* berfungsi sebagai penambah level tegangan sinyal dengan tegangan DC, dimana rangkaian ini akan menaikkan level tegangan sinyal sesuai dengan tegangan dc yang akan ditambahkan.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

2. **Perangkat Keras**

Pengendali utama dari perancangan sistem ini adalah arduino UNO yang sudah diprogram agar bisa membaca nilai output dari sensor elektroda dan rangkaian EKG (Elektrokardiografi) yang diterima oleh ADC (*Analog Digital Converter*) mikrokontroler kemudian hasil pengukuran tersebut dilanjutkan untuk dikirim memanfaatkan *bluetooth* dan ditampilkan pada *platform* android.



Gambar 2. Rangkaian *Board* Arduino UNO (Arduino.cc)

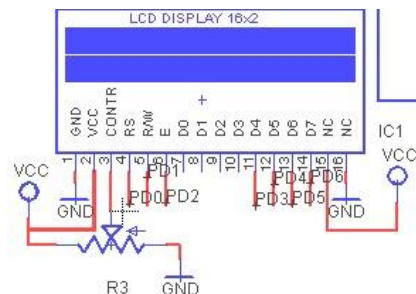
Arduino UNO memiliki 20 pin *input/output* (I/O) dengan mikrokontroler ATmega328, memiliki 14 pin *digital output*, 6 *analog input*, osilator *clock* Kristal 16 MHz, *power jack*, ICSP *header*, tombol *reset* dan sebuah koneksi USB sehingga *board* Arduino dapat langsung diprogram tanpa harus menggunakan sebuah alat *downloader*. Pembagian *port* kontrol arduino UNO yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian *Port* I/O Arduino UNO

No	<i>Port</i>	Fungsi	Koneksi
1	PD.0 (RX), PD.1(TX)	<i>Output</i>	<i>Bluetooth</i>
2	PB.0 sd B.2	<i>Output</i>	Indikator LED
3	PA.1 (ADC)	<i>Input</i>	Rangkaian EKG
4	PORT.C	<i>Output</i>	LCD (Penampil)
5	PB.3	<i>Input</i>	Tombol <i>Start</i>

3. Rangkaian Penampil LCD 16X2

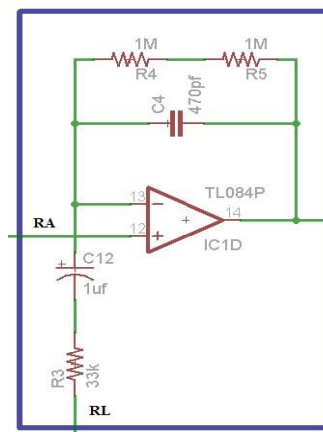
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul penampil data yang banyak digunakan dan memiliki beberapa seri dan jenis. Perancangan kali ini menggunakan LCD 16x2 dimana dimanfaatkan sebagai penampil dari detak jantung. Modul LCD 16x2 mempunyai 16 pin, dimana 2 pin digunakan untuk menyalakan LED *backlight* (Afriansyah, 2012).



Gambar 3. Rangkaian penampil LCD 16x2

4. Rangkaian Penguat

Rangkaian penguat berfungsi sebagai penguat sinyal biopotensial jantung agar dapat diproses sistem, dikarenakan sinyal dari jantung sangat lemah berkisaran orde *Milli Volt* (mV) dan setelah diberi penguatan maka sinyal dapat diproses oleh mikrokontroler. Penguat yang digunakan adalah jenis *diferensial amplifier* yang memiliki dua input dari tubuh.



Gambar 4. Rangkaian Penguat *Diferensial*

Besarnya penguatan didapat dari perhitungan nilai resistor berdasarkan persamaan berikut.

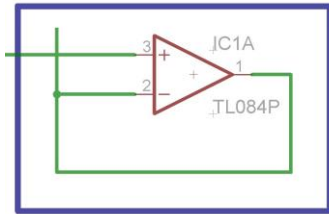
$$A = \frac{V_{out}}{V_{in_2} - V_{in_1}} = \frac{R_2}{R_1} \quad (1)$$

$$A = \frac{1M\Omega + 1M\Omega}{33k\Omega} = \frac{2 \cdot 10^6}{33 \cdot 10^3} = 60kali \quad (2)$$

5. Rangkaian Buffer

Buffer berfungsi sebagai penyangga dimana rangkaian ini tidak memiliki nilai penguatan. Prinsip dasar dari rangkaian *buffer* adalah

sebagai penguat arus tanpa ada penguatan tegangan. Rangkaian *buffer* yang dibuat dari Op-Amp IC sangat sederhana karena tidak membutuhkan komponen tambahan dengan input dari *non-inverting*.



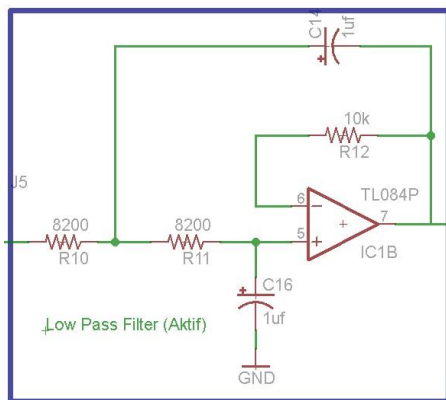
Gambar 5. Rangkaian *Buffer*

6. Rangkaian Filter

Pada rangkaian EKG menggunakan *low pass filter* dan *high pass filter*. Nilai frekuensi yang diloloskan pada masing-masing filter didapatkan berdasarkan persamaan (3) dan gambar rangkaian *low pass filter* yang dapat dilihat pada Gambar 6 dan rangkaian *high pass filter* dapat dilihat pada Gambar 7.

Low pass filter:

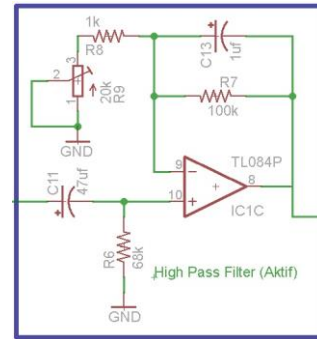
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{50k \cdot 50k \cdot 25nF \cdot 40nF}} = 100.7Hz \quad (3)$$



Gambar 6. Rangkaian *Low Pass Filter* Aktif

High pass filter:

$$f_c = \frac{1}{2\pi R \cdot C} = \frac{1}{(2)(3,14)(68k)(47 \times 10^{-6})} = 0.05Hz \quad (4)$$



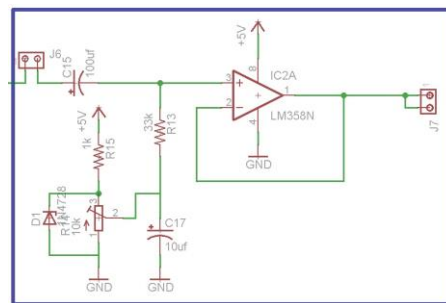
Gambar 7. Rangkaian *High Pass Filter* Aktif

7. Rangkaian Penjumlah (Adder)

Sinyal EKG keluaran dari LPF dan HPF masih berupa sinyal dengan periode negatif (AC), sehingga diperlukan rangkaian *offset* agar sinyal EKG dapat tercuplik dari puncak bawah sampai dengan puncak atas. Rangkaian penjumlah berada pada bagian akhir sebelum ke *Analog Digital Converter* (ADC) seperti rangkaian pada Gambar 8. Berdasarkan Persamaan (5) dapat kita rancang sebuah rangkaian penjumlah.

$$V_0 = V_1 + V_2 \quad (5)$$

V_0 adalah tegangan yang akan disampling dan olah oleh ADC, V_1 adalah *output* dari filter, V_2 adalah tegangan *offset* dengan nilai yang diatur berdasarkan hambatan dari potensiometer.



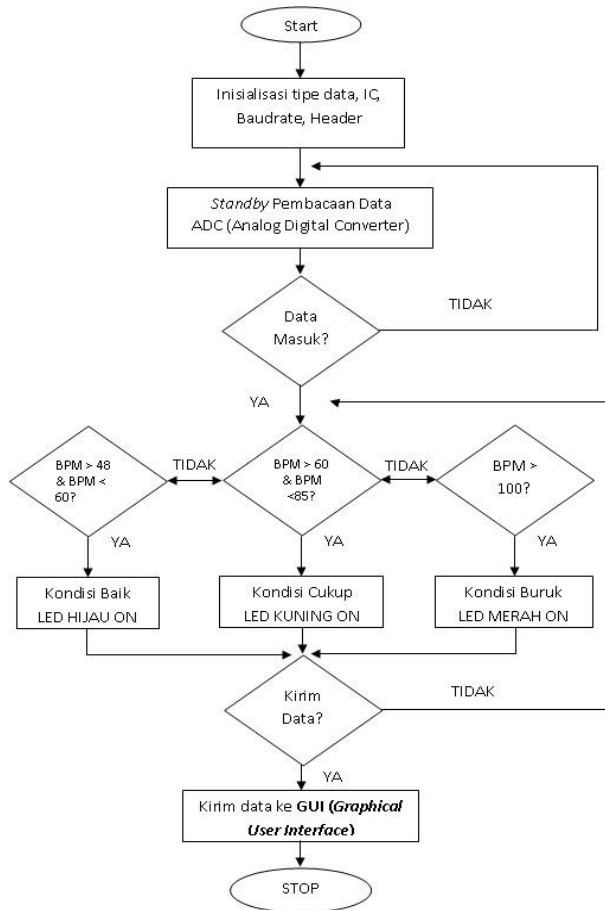
Gambar 8. Rangkaian Penjumlah (*Adder*)

8. Perancangan Diagram Alir

Diagram alir program digunakan sebagai dasar acuan dalam membuat program, mempermudah analisa kesalahan dan menambahkan instruksi baru pada program jika terjadi pengembangan struktur programnya.

a) Diagram Alir Mikrokontroler

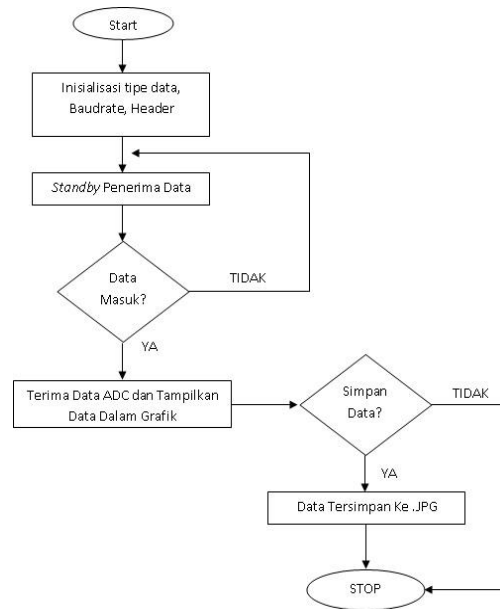
Berikut adalah digram alir kerja dari program mikrokontroler dalam menjalankan intruksi dan pemrosesan data.



Gambar 9. Flowchart Program Mikrokontroler

b) Diagram Alir Program Android

Program android dibuat berdasarkan grafik alur atau *flowchart* yang dijadikan acuan setiap proses kerja sistem. Berikut ini adalah alur kerja atau *flowchart* dari program Android dalam menerima data dari mikrokontroler dan menjalankan intruksi tersebut.



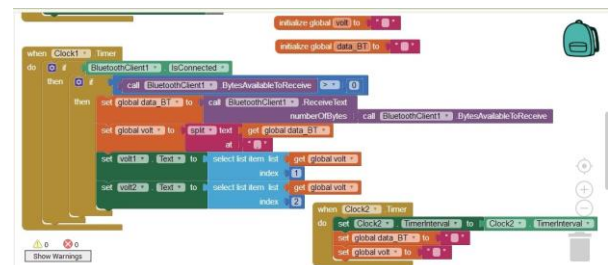
Gambar 10. Flowchart Program Android

9. Perangkat Lunak Mikrokontroler

Software yang digunakan dalam penulisan program adalah Arduino IDE (*Integrated Development Environment*). Bahasa C sebagai bahasa pemrogramannya, aplikasi ini digunakan untuk penulisan program, *editor*, meng*compiler* program serta *upload* ke mikrokontroler.

10. Perangkat Lunak Android

App Inventor adalah perangkat lunak yang disediakan oleh Google dan diselenggarakan oleh Institut Teknologi Massachusetts (*Massachusetts Institute of Technology*). MIT App Inventor digunakan untuk menciptakan aplikasi pada sistem Android. Dalam pembuatan skripsi, MIT App Inventor digunakan untuk membuat aplikasi *HeartDroid* sebagai GUI (*Graphic User Interface*).



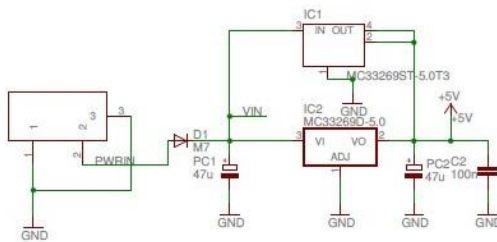
Gambar 11. Program MIT App Inventor

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisi tentang hasil, analisis dari perhitungan yang dilakukan, dan pembahasan tentang penelitian yang telah dikerjakan.

A. Pengujian Catu Daya

Pengujian pengukuran tegangan keluaran dilakukan dengan mengukur pada port tegangan yang tersedia. Catu daya yang dibutuhkan pada sistem adalah catu daya simetris dengan output tegangan +5V, dimana rangkaian catu daya dapat dilihat sebagaimana Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Catu daya

Tabel 2. Hasil Pengujian rangkaian catu daya

No	Bagian	Tegangan terukur	
		Tanpa beban	Berbahan
1	Switching Power Supply	12 V	11.9 V
2	Port Tegangan	5,0 V	4.9 V
3	Ground	0 V	0 V

Berdasarkan Tabel 2 diatas diketahui bahwa keluaran tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian catu daya pada board arduino UNO bekerja dengan baik dikarenakan keluarannya masih dalam range $\pm 5volt$. Keluaran tegangan memiliki faktor kesalahan sebesar:

$$Error = \frac{5 - 4.9}{5} \times 100\% = 0,02\% \quad (6)$$

B. Pengujian Rangkaian Penguat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai penguatan tegangan yang dihasilkan dengan cara diberikan nilai masukan berupa frekuensi dan dilakukan pengujian berulang kali.

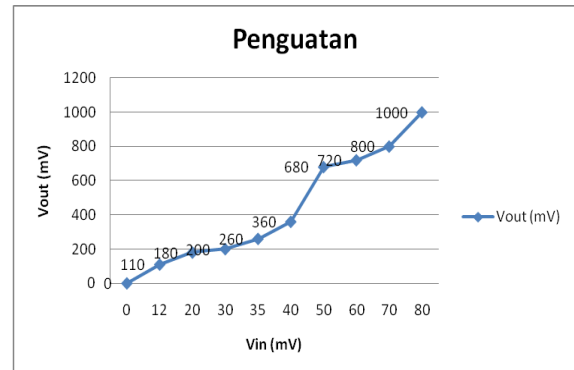
Tabel 3. Hasil Pengujian Rangkaian Penguat

No	Vin (mV)	Vout (mV)	Gain
1	0	0	0,0
2	12	110	9,2
3	20	180	9,0
4	30	200	6,7
5	35	260	7,4
6	40	360	9,0
7	50	680	13,6
8	60	720	12,0
9	70	800	11,4
10	80	1000	12,5

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3 dapat dihitung nilai masing-masing penguatannya menggunakan persamaan (7) sebagai berikut:

$$A_v = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \quad (7)$$

Untuk melihat respon yang diperoleh dari pengujian rangkaian penguat berdasarkan Tabel 3 dapat diamati pada Gambar 13 grafik berikut ini.



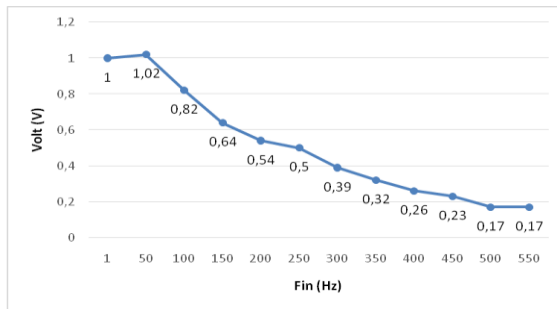
Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Rangkaian Penguat

C. Rangkaian Pengujian Low Pass Filter

Pengujian low pass filter bertujuan untuk melihat respon frekuensi dari filter low pass yang dirancang memiliki spesifikasi cut-off dari rangkaian ini adalah 100 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 14.

Tabel 4. Pengujian Rangkaian Low Pass Filter

Fin (Hz)	Vpp (Volt)
1	1
50	1.02
100	0.82
150	0.64
200	0.54
250	0.5
300	0.39
350	0.32
400	0.26
450	0.23
500	0.17
550	0.17



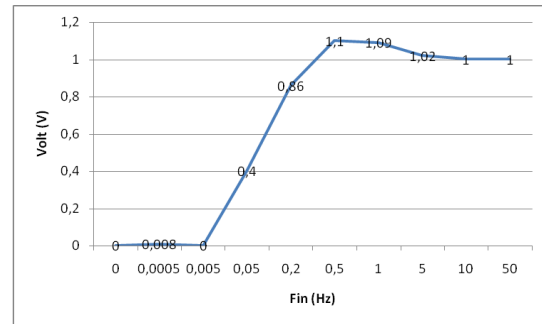
Gambar 14. Grafik Pengujian Rangkaian Low Pass Filter

D. Rangkaian Pengujian High Pass Filter

Pengujian *high pass filter* bertujuan untuk melihat respon frekuensi dari *filter high pass* yang dirancang memiliki spesifikasi *cut-off* dari rangkaian adalah 0.05 Hz. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 15.

Tabel 5. Pengujian Rangkaian High Pass Filter

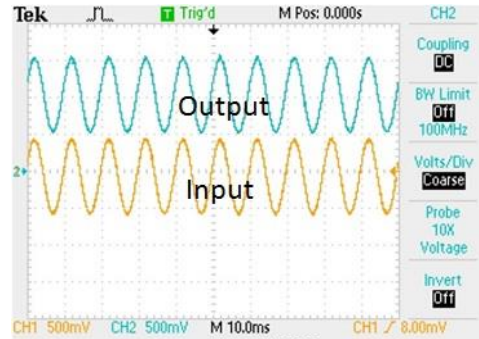
Fin (Hz)	Vpp (V)
0	0
0,0005	0,008
0,005	0
0,05	0,4
0,2	0,86
0,5	1,1
1	1,09
5	1,02
10	1
50	1



Gambar 15. Grafik Pengujian Rangkaian High Pass Filter

E. Pengujian Rangkaian Penjumlah (Adder)

Pengujian dilakukan dengan input sinus 1Vpp dan frekuensi 100Hz, kemudian tegangan offset diatur 1volt DC. Berikut hasil percobaan yang didapat seperti pada Gambar 16.

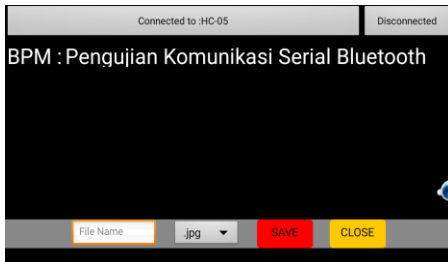


Gambar 16. Hasil Pengujian Rangkaian Penjumlah

Gambar 16 dapat dilihat bahwa sinyal input bergeser ke atas dengan frekuensi dan amplitudo yang sama. Rangkaian mempunyai penguatan 1 serta pergeseran sinyal adalah 1 volt yang sama dengan tegangan *input*. Maka, rangkaian penjumlah bekerja dengan baik secara teori berdasarkan persamaan (3-9) dan hasil pengujian memiliki *output* sama.

F. Pengujian Komunikasi Serial Bluetooth

Pengujian komunikasi serial *bluetooth* dimaksudkan untuk melihat jarak maksimal dari modul *bluetooth* HC-05 yang dipakai dalam mengirim data dari mikrokontroler ke *handphone* untuk menampilkan data. Gambar 17 adalah hasil pengujian komunikasi *bluetooth* pada tampilan GUI aplikasi Android.



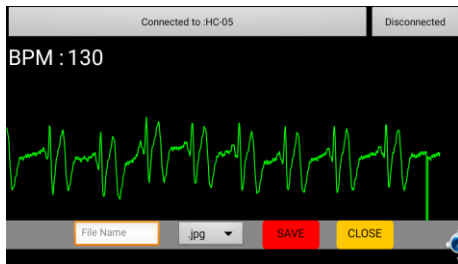
Gambar 17. Pengujian Komunikasi *Bluetooth*

Tabel 6. Pengujian Modul *Bluetooth* HC-05

No	Jarak (Meter)	Hasil
1	2	Data Diterima
2	4	Data Diterima
3	6	Data Diterima
4	8	Data Diterima
5	> 10	Data Tidak Diterima

G. Pengujian Aplikasi Android

Pengujian GUI (*Graphic User Interface*) aplikasi Android bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi tersebut berjalan dengan lancar dan dapat menerima data yang dikirim dari mikrokontroler melalui *bluetooth*.



Gambar 18. Tampilan GUI Saat Menerima Data

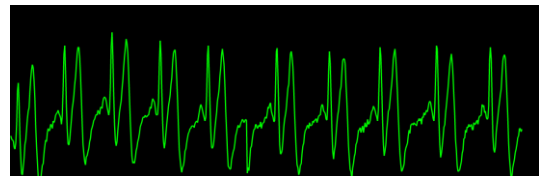
H. Pengujian Keseluruhan Sistem

Dalam pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan langsung ke tubuh manusia dengan menggunakan beberapa sampel pasien untuk mengetahui apakah sistem dapat membaca sinyal jantung dari pasien yang berbeda. Untuk lebih jelas mengenai pengujinya dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengujian Sistem Pada Pasien

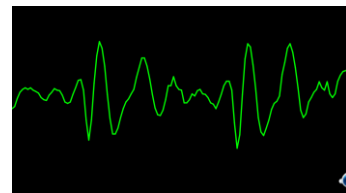
Berikut hasil dari pengujian sistem secara langsung ke tubuh manusia dari beberapa pasien dapat dilihat pada Gambar 20, Gambar 21, Gambar 22 dan Gambar 23.



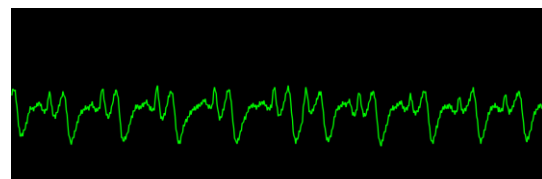
Gambar 20. Sinyal EKG Pasien 1



Gambar 21. Sinyal EKG Pasien 2



Gambar 22. Sinyal EKG Pasien 3



Gambar 23. Sinyal EKG Pasien 4

Tabel 7. Hasil Pengujian Perbandingan Alat

Pengujian ke-	Heart Rate (BPM)		Error (%)
	Pulse Oximeter	HeartDroid	
1	78	65	16,67
2	58	73	25,86
3	73	71	2,74
4	73	78	6,85
5	68	77	13,24
6	66	76	15,15
7	73	73	0,00
8	72	70	2,78
9	67	76	13,43
10	78	70	10,26
Error rata-rata (%)			10,70

Hasil mendeteksi *heart rate* dan ditampilkan pada layar LCD serta aplikasi Android.



Gambar 24. Tampilan BPM Pada LCD

IV. KESIMPULAN

a) Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, diambil kesimpulan bahwa alat EKG berfungsi dengan baik dan sinyal yang dihasilkan sudah memiliki ciri sinyal jantung normal yaitu gelombang P, Q, R, S dan T. Besaran standar deviasi *error* 7,85%, *error* rata-rata 10,70%. Nilai presisi 92,15% dan tingkat akurasi data 89,30%. Jarak efektif *bluetooth* HC-05 adalah 8 meter.

Aplikasi *HeartDroid* EKG (Elektrokardiografi) dapat bekerja menerima data sinyal EKG jantung dari mikrokontroler memanfaatkan *bluetooth* ke *handphone* berbasis Android sebagai penampil sinyal. Data yang ditampilkan pada aplikasi Android terdiri dari sinyal EKG dan BPM ritme jantung.

b) Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah diperlukan rangkaian tambahan *Band Pass Filter* untuk menghilangkan pengaruh frekuensi 50 Hz dan dapat menambahkan filter digital pada mikrokontroler Arduino. Penggunaan

bluetooth HC-05 dapat digantikan dengan modul *wireless* APC220 atau ESP8266.

V. DAFTAR PUSTAKA

Bejo, Agus. 2008. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega 8535*. Yogyakarta : Graha Ilmu

Afriansyah. 2012. *Pengukur Kadar pH Air Berbasis Mikrokontroler ATmega 8*, Laporan Tugas Akhir, PDTE-UGM, Yogyakarta.

Hindasyah, Achmad. 2009. Rancang Bangun Sistem Instrumentasi Elektrokardiogram Dan Aktifitas Gerak Secara *Wireless*, Tesis, Universitas Indonesia.

Widodo, Arif. 2010. *Sistem Akuisisi ECG Menggunakan USB Untuk Deteksi Aritmia*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Somawirata, I Komang. 2009. Pengembangan *Electro Cardiograph* (ECG) yang Terintegrasi Dengan Personal Komputer, *Prosiding SENTIA 2009* – Politeknik Negeri Malang.

Lutfi, Fuad. 2012. Klasifikasi Sinyal Elektrokardiografi Menggunakan *Wavelet Transform* Dan *Neural Network*, SITIA 2012, No.136, ISSN: 2252-829, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.