

RANCANG BANGUN SISTEM ELEKTROKARDIOGRAF PORTABEL BERBASIS ARDUINO

Pandu Akbar Dwiputra

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : panduakbard@gmail.com

Lilik Anifah

Teknik Elektro, Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : anifah1@yahoo.com

Abstrak

Proses pemompaan darah terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan (sinyal) listrik. Rangsangan listrik tersebut adalah sinyal bioelektrik yang dihasilkan oleh tubuh. Salah satu alat untuk mengukur sinyal bioelektrik tubuh adalah elektrokardiograf, yaitu sebuah peralatan medis yang digunakan untuk mengukur aktivitas dari jantung. Penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan sebuah elektrokardiograf portabel yang berdimensi kecil. Pembuatan elektrokardiograf portabel ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Rangkaian analog dari elektrokardiograf terdiri dari *instrumentation amplifier*, *band pass filter*, *low pass filter*, rangkaian tegangan bias. Data analog hasil dari elektroda yang dipasang pada tubuh diubah melalui Arduino menjadi data digital dan dikirimkan menggunakan bluetooth HC-05 ke PC setelah itu ditampilkan menggunakan *serial plotter* software Arduino IDE. Hasil pengujian elektrokardiograf portabel berhasil menghasilkan gelombang P, Q, R, S, T akan tetapi masih terdapat sedikit *noise* yang terekam.

Kata Kunci: Jantung, Elektrokardiograf, Portabel.

Abstract

Blood pumping process occurred because of when the heart contracting there is effect of electrical signal stimulation. This electrical signal stimulation is bioelectric signal that is generated by human body. One of device that can measure this human body's bioelectric signal is electrocardiograph, that is a medical device used for measure activity of the human heart. This research do is for implemented a device electrocardiograph portable that have small dimension. Manufacture of this electrocardiograph portable make use of Arduino Nano for microcontroller. Analog circuit of the electrocardiograph consist of instrumentation amplifier, band pass filter, low pass filter, and bias voltage circuit. Result of elektroda analog data, that installer in the human body, changed through Arduino and become a digital data and transmitted with bluetooth HC-05 to a PC and displayed with Arduino IDE serial plotter. Result of testing electrocardiograph portable is succesful in produce a P, Q, R, S, T signal, but there is some of noise transmitted.

Keywords: Heart, Electrocardiograph, Portable.

Pendahuluan

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Proses pemompaan darah ini terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan (sinyal) listrik atau impuls (Raka Agung, 2005).

Rangsangan listrik tersebut adalah sinyal bioelektrik yang dihasilkan oleh tubuh. Sinyal bioelektrik tersebut dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan. Untuk mengetahui bagaimana aktivitas listrik dari jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh. Perekaman tersebut dapat dilakukan pada permukaan tubuh sebab tubuh manusia adalah konduktor yang baik. Salah satu alat untuk mengukur sinyal bioelektrik tubuh adalah elektrokardiograf (EKG) yaitu sebuah peralatan medis yang digunakan untuk mengukur aktivitas dari jantung.

Perekaman menggunakan elektrokardiograf (EKG) dilakukan dengan menempelkan elektroda pada

lokasi tertentu yang disebut dengan sadapan (*lead*) pada permukaan kulit. Elektroda tersebut akan berfungsi sebagai sensor yang mengubah besaran kimia dari energi ionis menjadi besaran listrik.

Perekaman ini akan menampilkan keadaan jantung (sinyal EKG) yang memiliki karakteristik berupa gelombang sinyal P, Q, R, S, T, dan U (Abdullah Alsadig M. Adam, dkk, 2014).

Sebuah elektrokardiogram pada saat ini masih memiliki ukuran yang besar serta harga yang mahal, sehingga pemeriksaan kondisi jantung hanya dapat dilakukan di rumah sakit.

Menurut laporan dari Gartner Group “*The Top 10 Consumer Mobile Application for 2012*”, “*Mobile Health Monitoring*” masuk katagori 10 besar yaitu pada urutan ke 5 (Gartner Inc, 2012).

Saat ini *mobile health monitoring* masih dalam kondisi sangat dini, dimana masih banyak *project* dilakukan dengan *pilot project* masih sangat terbatas (Byungkook Jeon, dkk, 2013).

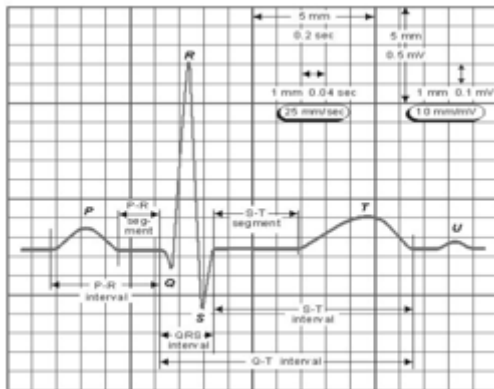
Melihat teknologi saat ini, dimana sudah banyak *device* yang berukuran kecil sehingga dapat dibawa kemana saja, dengan itu maka portabel elektrokardiograf akan lebih memudahkan untuk menganalisis atau melihat bagaimana kondisi jantung seorang pasien.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka melalui tugas akhir ini akan dibuat sebuah rancang bangun sistem EKG portabel dengan output yang dapat ditampilkan ke PC dengan bantuan perangkat lunak Arduino IDE, sehingga akan lebih mudah untuk dianalisis.

KAJIAN PUSTAKA

Elektrokardiograf (EKG)

Elektrokardiograf (EKG) adalah peralatan medis yang digunakan secara luas untuk mengukur aktivitas listrik dari jantung dengan mengukur perbedaan biopotensial dari bagian luar tubuh. Sebuah EKG dapat digunakan untuk mengukur denyut jantung, mendiagnosis adanya infark miokard yang sedang berkembang, mengidentifikasi aritmia dan efek dari obat dan peralatan yang digunakan pada penanganan jantung. Elektrokardiogram atau sinyal EKG merupakan sinyal AC dengan bandwidth 0.01Hz-100Hz. Sinyal EKG normal seperti pada Gambar 1 terdiri atas sebuah gelombang P, gelombang QRS dan gelombang T. Besar amplitudo dari Sinyal EKG bervariasi tergantung pada pemasangan elektroda dan pada kondisi fisik dari pasien. Variabel-variabel klinis yang penting dari sinyal EKG antara lain magnitudo, polaritas dan durasi waktu. Variasi dari tanda-tanda tersebut dapat mengindikasikan sebuah penyakit.

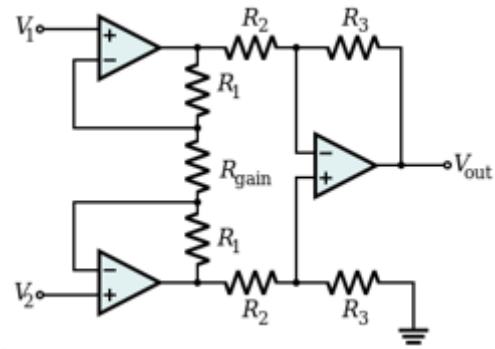


Gambar 1 Sinyal EKG Normal

Instrumentation Amplifier

Instrumentation amplifier merupakan suatu rangkaian yang digunakan sebagai penguat. Dalam rangkaian instrumentation amplifier terdapat 3 IC Op-Amp yang disusun menjadi rangkaian penguatan.

Sinyal EKG yang akan diambil sangatlah kecil. Karena itu dibutuhkan rangkaian instrumentation amplifier untuk menguatkan dengan beberapa kali tingkatan. Rangkaian dasar instrumentasi amplifiier dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian dasar Instrumentation Amplifier

Filter

Filter adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk melewatkan sinyal-sinyal yang diperlukan dan menahan sinyal-sinyal yang tidak dikehendaki serta untuk memperkecil pengaruh noise dan interferensi pada sinyal yang dikehendaki.

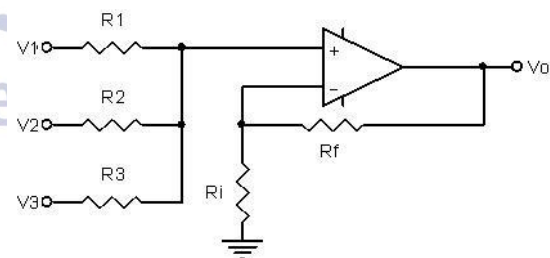
Jaringan filter bisa bersifat aktif maupun pasif. Perbedaan dari komponen aktif dan pasif adalah pada komponen aktif dibutuhkan sumber agar dapat bekerja (op-amp dan transistor membutuhkan sumber lagi agar dapat bekerja atau digunakan), sedangkan komponen pasif tidak membutuhkan sumber lagi untuk bekerja atau digunakan.

Di dalam bidang elektronika khususnya elektronika analog. Jenis frekuensi yang dilewatkan filter dibagi menjadi beberapa macam, sebagai berikut :

1. Low Pass Filter (LPF)
2. High Pass Filter (HPF)
3. Band Pass Filter (BPF)

Rangkaian Tegangan Bias (Adder)

Rangkaian adder atau penjumlah sinyal dengan op-amp adalah rangkaian dengan konfigurasi op-amp sebagai penguat dengan diberikan input lebih dari satu untuk menghasilkan sinyal output yang linier sesuai dengan nilai penjumlah. Untuk lebih jelas mengenai tegangan bias dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3 Rangkaian sederhana tegangan bias (adder)

Wireless

Teknologi wireless adalah teknologi nirkable yang dapat melakukan hubungan komunikasi tanpa menggunakan media kabel tetapi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik. Berbagai jenis teknologi wireless saat ini telah berkembang untuk membantu umat manusia untuk dan dalam berkomunikasi.

METODE

Pendekatan Penelitian

Penelitian tugas akhir ini untuk merancang dan menerapkan implementasi elektrokardiograf portabel berbasis arduino.

Pada penelitian ini, proses perancangan dan penerapan algoritma pada mikrokontroler elektrokardiograf menggunakan bantuan *software* Arduino IDE.

Rancangan Penelitian

Perancangan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan dalam rangka merumuskan kesimpulan, alur rancangan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Alur Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan bertempat di Laboratorium Mikroprosesor Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya dan waktu pelaksanaannya pada semester ganjil 2016/2017.

HASIL DAN PEMBAHASAN

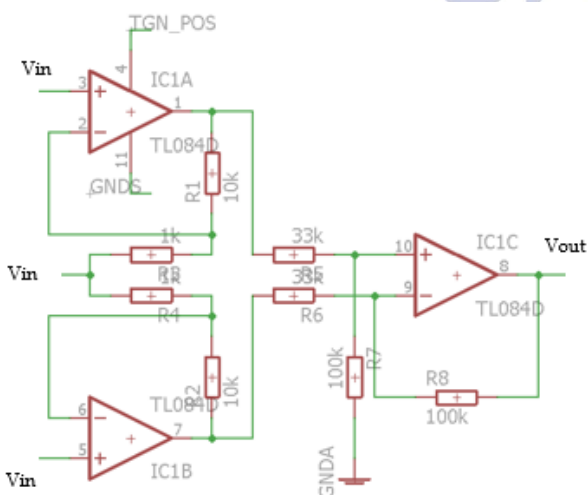
Fase Perancangan dan Implementasi

Perancangan dan implementasi sistem elektrokardiograf portabel berbasis arduino terbagi menjadi dua, yaitu perancangan dan pembuatan hardware serta software.

a. Perancangan dan pembuatan hardware

1. Instrumentation Amplifier

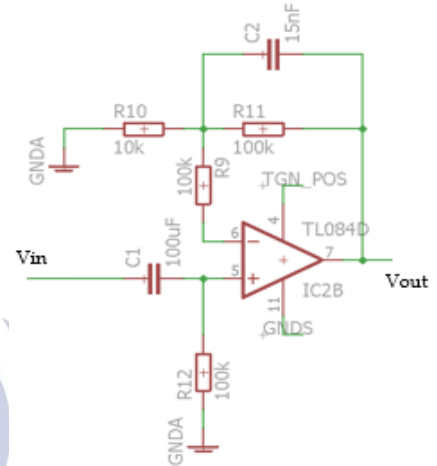
Instrumentation Amplifier merupakan hardware yang memiliki peran paling penting karena sinyal yang dihasilkan oleh jantung sangat kecil. Instrumentation amplifier ini akan menguatkan sinyal sebesar 30 kali.



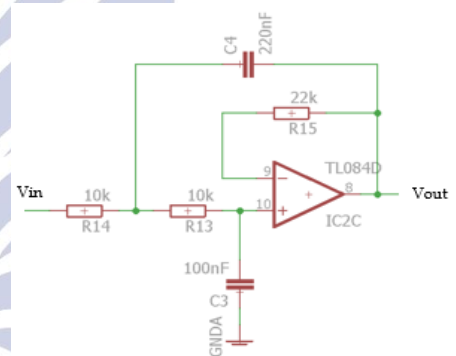
Gambar 5 Rangkaian Instrumentation Amplifier

2. Filter

Karena sinyal yang dihasilkan jantung memiliki range antara 0.01 Hz sampai dengan 100 Hz. Maka filter yang akan digunakan adalah band pass filter dan low pass filter. Untuk lebih jelas mengenai filter dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



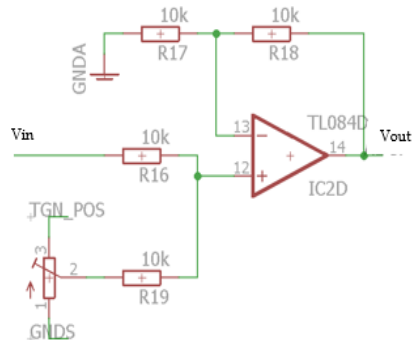
Gambar 6 Rangkaian Band Pass Filter



Gambar 7 Rangkaian Low Pass Filter

3. Rangkaian Tegangan Bias

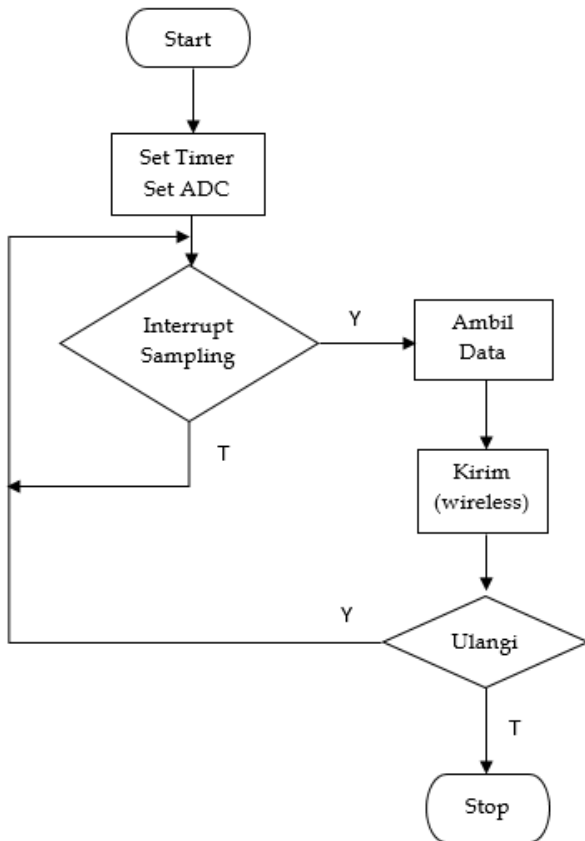
Rangkaian tegangan bias berfungsi sebagai penambah level tegangan. Dimana rangkaian ini akan berfungsi untuk mengubah level sinyal EKG menjadi bernilai positif seluruhnya sehingga bisa diproses dengan ADC. Untuk lebih jelas mengenai tegangan bias dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 7 Rangkaian Tegangan Bias

b. Perancangan Software

Di dalam perancangan software akan terdapat software untuk arduino dan untuk PC. Untuk arduino, perancangan software dilakukan melalui software bawaan dari arduino. Sedangkan untuk PC, akan tetap menggunakan software arduino tetapi melalui menu serial plotter. Alur software dari alat ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram Flowchart Program Mikrokontroler Arduino

Fase Pengujian

Pengujian jarak maksimal dari Bluetooth HC-05

Untuk melihat jarak maksimal dari bluetooth HC-05, maka akan digunakan fungsi program dengan looping pengiriman karakter "U".

Program akan berjalan dengan mengirimkan karakter "U" secara berkala sehingga dapat dilihat apakah terdapat *noise* atau *error* terjadi pada saat pengiriman data di jarak tertentu.

Tabel 1 Pengujian Bluetooth HC-05

Percobaan	Jarak	Hasil
1	4 meter	Data terkirim 100%
2	8 meter	Data terkirim 100%
3	10 meter	Data terkirim 100%
4	12 meter	Data terkirim 100%
5	16 meter	Data terkirim 100%
6	17 meter	Tidak menerima data

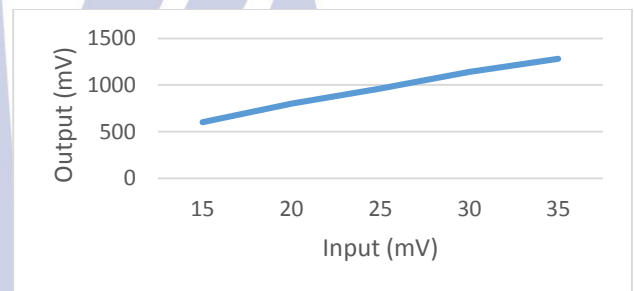
Dapat dilihat pada Tabel 1 hasil percobaan bluetooth HC-05. Dapat disimpulkan bahwa jarak maksimal efektif dari bluetooth HC-05 ini adalah 16 meter karena data yang diterima 100% berhasil tidak ada *noise* yang masuk dan pada saat jarak 17 meter, data yang terkirim tidak diterima sama sekali (0%).

Pengujian rangkaian *Instrumentation Amplifier*

Untuk pengujian rangkaian *Instrumentation Amplifier* ini akan dibuat sebuah gelombang sinus menggunakan *Function Generator*. Spesifikasi penguatan pada percobaan rangkaian ini adalah 33 kali. Grafik hasil pengujian rangkaian instrumentasi amplifier dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 2 Pengujian *Instrumentation Amplifier*

Percobaan	Input	Output
1	15 mV	600 mV
2	20 mV	800 mV
3	25 mV	960 mV
4	30 mV	1.14 V
5	35 mV	1.28 V



Gambar 9 Pengujian *Instrumentation Amplifier*

Dapat dilihat dari tabel 2, hasil *real* penguatan rangkaian ini menjadi berkisar 40 kali dikarenakan komponen yang dipakai memiliki toleransi sebesar 5% dan tertoleransi di jalur PCB.

Pengujian rangkaian Band Pass Filter (BPF)

Rangkaian Band Pass Filter yang dirancang memiliki spesifikasi cut off 0,01Hz sampai dengan 100Hz dan memiliki penguatan sebesar 10 kali.

Dikarenakan keterbatasan *Function Generator* yang hanya bisa mengeluarkan sinyal paling kecil 1Hz, pengujian dibawah 1Hz tidak memungkinkan.

Pengujian akan langsung ditampilkan di serial monitor pada PC untuk melihat respon fungsi dari rangkaian band pass filter dan dapat dilihat hasilnya pada Gambar 10.



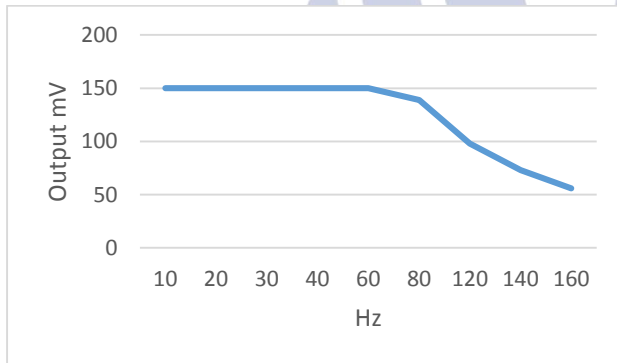
Gambar 10 Pengujian Respon Band Pass Filter

Dapat dilihat dari Gambar 10 bahwa respon sinyal yang bergerak turun untuk menjadi stabil kembali, rangkaian Band Pass Filter bekerja dengan baik

Untuk pengujian cutoff 100Hz akan digunakan gelombang sinus dengan V_{pp} 15mV dari *Function Generator*. Hasil grafik dari pengujian band pass filter dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 3 Pengujian BPF cutoff 100Hz

Frekuensi	Input	Output
10Hz	15mV	150mV
20Hz	15mV	150mV
30Hz	15mV	150mV
40Hz	15mV	150mV
60Hz	15mV	150mV
80Hz	15mV	139mV
120Hz	15mV	98mV
140Hz	15mV	73mV
160Hz	15mV	56mV



Gambar 11 Pengujian BPF cutoff 100Hz

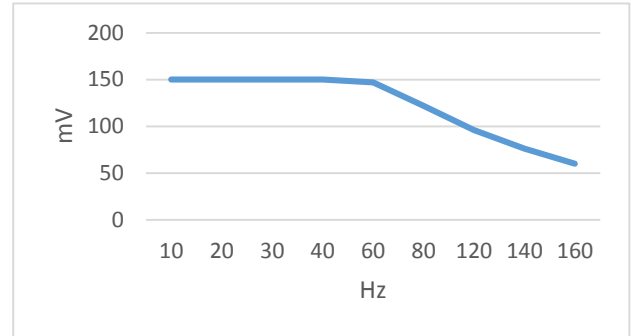
Dari hasil percobaan Tabel 2, BPF memiliki 10 kali penguatan dan jika frekuensi dinaikkan terus menerus, maka amplitudo (V_{pp}) dari sinyal akan semakin mengecil (teredam). Hal ini menandakan bahwa cutoff di 100Hz rangkaian BPF ini berfungsi dengan baik.

Pengujian rangkaian Low Pass Filter (LPF)

Dalam pengujian rangkaian Low Pass Filter ini akan digunakan gelombang sinus dengan V_{pp} 150mV yang dihasilkan oleh *Function Generator*. Rancangan spesifikasi cut-off dari rangkaian ini adalah 100Hz. Grafik pengujian low pass filter dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 4 Pengujian Low Pass Filter (LPF)

Frekuensi	Input	Output
10Hz	150mV	150mV
20Hz	150mV	150mV
30Hz	150mV	150mV
40Hz	150mV	150mV
60Hz	150mV	147mV
80Hz	150mV	122mV
120Hz	150mV	96mV
140Hz	150mV	76mV
160Hz	150mV	60mV

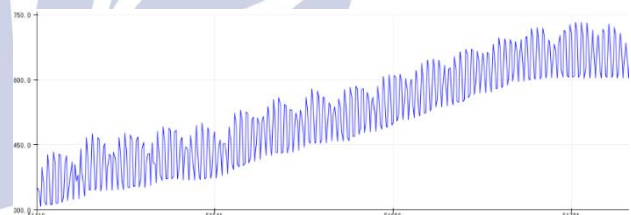


Gambar 12 Pengujian Low Pass Filter

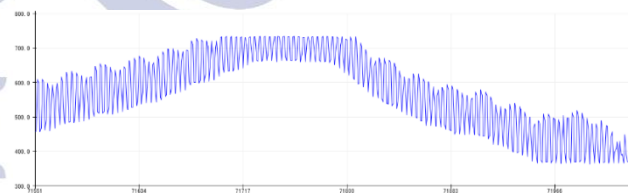
Dapat dilihat dari tabel 4, rangkaian LPF berfungsi dengan baik karena jika frekuensi dinaikkan terus menerus sampai dengan mendekati 100Hz dan melebihi 100Hz, maka amplitudo (V_{pp}) dari sinyal akan semakin mengecil (teredam).

Pengujian Rangkaian Tegangan Bias (Adder)

Dalam pengujian rangkaian bias, akan dilakukan secara langsung dengan menyatukan kedua input sehingga menghasilkan sinyal data stabil. Hasil pengujian dari rangkaian tegangan bias dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13 Hasil sinyal pada saat nilai VR atau potensiometer diturunkan

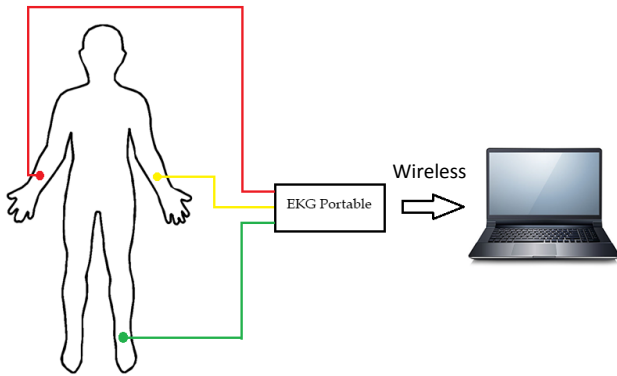


Gambar 14 Hasil sinyal pada saat nilai VR atau potensiometer diturunkan

Dapat dilihat dari Gambar 13 dan Gambar 14, rangkaian tegangan bias berfungsi dengan baik untuk menambah dan mengurangi level tegangan input.

Pengujian keseluruhan sistem ke tubuh manusia

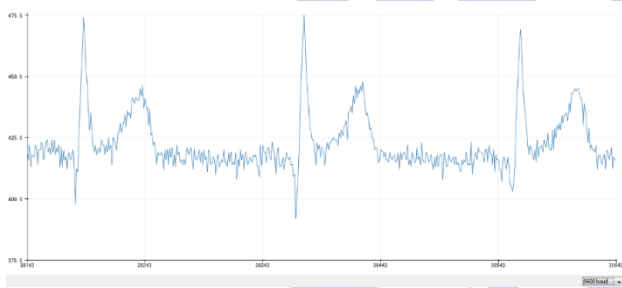
Dalam pengujian sistem secara langsung ke tubuh manusia, akan digunakan beberapa sampel manusia untuk mengetahui apakah sistem dapat membaca sinyal jantung dari manusia yang berbeda. Untuk lebih jelas mengenai cara mengujinya dapat dilihat pada Gambar 15.



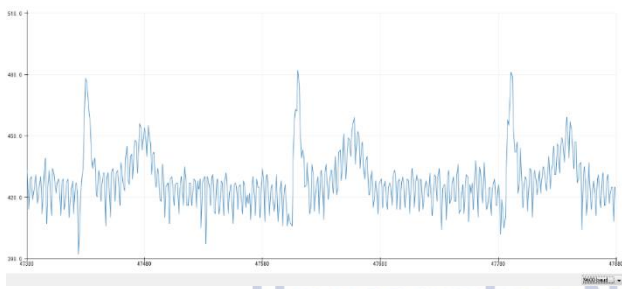
Gambar 15 Ilustrasi percobaan pada subyek manusia

Elektroda EKG akan dipasang pada tubuh subyek tubuh manusia dimana elektroda tersebut dipasang pada tangan kanan, tangan kiri dan kaki kiri.

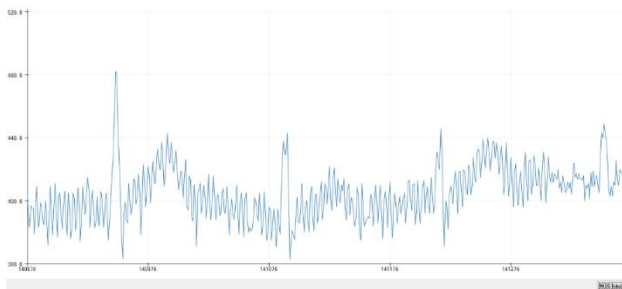
Sinyal jantung yang dihasilkan, secara langsung ditampilkan ke PC menggunakan software Arduino IDE serial plotter. Hasil dari pengujian sistem secara langsung ke tubuh manusia dapat dilihat pada Gambar 16, 17, dan 18.



Gambar 16 Percobaan pada tubuh subyek 1



Gambar 17 Percobaan pada tubuh subyek 2

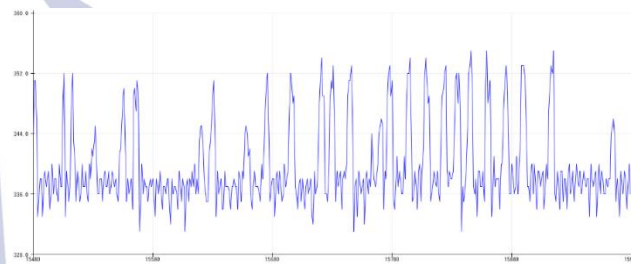


Gambar 18 Percobaan pada tubuh subyek 3

Dapat dilihat dari seluruh percobaan pada tubuh manusia, setiap manusia memiliki sinyal jantung yang berbeda. Dan bentuk sinyal jantung yang dihasilkan alat ini sudah dapat menghasilkan gelombang PQRST.

Hasil sinyal gelombang dari sistem EKG ini sudah dapat mendeteksi *heart rate* akan tetapi perlu ditambahkan algoritma lain pada program.

Pada seluruh gambar percobaan tersebut dapat dilihat bahwa masih terdapat *noise* yang dihasilkan oleh sistem EKG ini karena sistem EKG ini sangat sensitif terhadap sedikit gerakan otot di seluruh tubuh. *Noise* tersebut masuk karena pengaruh sinyal listrik dari pergerakan anggota tubuh lain yang tidak terfilter dengan baik dan ada sedikit *noise* pada frekuensi 2.4 GHz dari bluetooth HC-05. *Noise* pada koneksi bluetooth dapat dilihat pada Gambar 19.

Gambar 19 Percobaan *noise* yang terjadi pada koneksi bluetooth

PENUTUP Simpulan

Dari penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan perancangan EKG portable berbasis Arduino berhasil di-implementasikan dengan dimensi 61.5mm x 35mm. Sinyal yang dihasilkan oleh EKG portable berbasis arduino sudah memiliki ciri sinyal jantung normal yaitu memiliki gelombang P, Q, R, S dan T. Toleransi besaran dari komponen (terutama resistor), memiliki peran penting dalam perancangan rangkaian analog pengolah sinyal jantung. Jarak efektif dari bluetooth HC-05 adalah 16 meter.

Saran

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa hal yang perlu disempurnakan. Saran yang penulis perlu sampaikan untuk penelitian serupa adalah, untuk mendapatkan sinyal yang lebih sempurna, maka diperlukan rangkaian Low Pass Filter tambahan, atau Low Pass Filter tersebut dapat digantikan dengan menambahkan filter digital pada mikrokontroler arduino. Penggunaan wireless Bluetooth HC-05 dapat digantikan dengan modul wireless HC-12.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, Raka. 2005. Realisasi Elektrokardiograf Berbasis Komputer Personal Untuk Akuisisi Data Isyarat Elektris Jantung.
- Alsadig, Abdullah, dkk. 2014. Design and Implementation of Portable PC-Based ECG Machine.

- Da'watus, Anna. 2016. Rancang Bangun Simulator Elektrokardiogram.
- Jeon, Byungkook, dkk. 2013. Design and Implementation of a Wearable ECG System.
- Mungan, Yagiz. Biomedical Instrumentation Project 2 : ECG Design
https://en.wikipedia.org/wiki/Instrumentation_amplifier diakses pada 23 Oktober 2016.
- <http://elektronika-dasar.web.id> diakses pada 23 Oktober 2016.
- <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf> diakses pada 23 Oktober 2016.
- <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf> diakses pada 23 Oktober 2016.
- <http://www.alldatasheet.com> diakses pada 23 Oktober 2016.
- <http://www.electronics-tutorials.ws/filter/second-order-filters.html> diakses pada 23 Oktober 2016
- <https://physionet.org/physiobank/database/mitdb/> diakses pada 23 Oktober 2016
- <http://www.learningaboutelectronics.com> diakses pada 23 Oktober 2016

