

RANCANG BANGUN ELEKTROKARDIOGRAFI PORTABEL BERBASIS RASPBERRY PI

Donie Agus Ardianto, Muh. Riza Bahrulloh

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Pamulang
Jln. Puspiptek Raya No 46 Buaran, Tangerang Selatan 15310 INDONESIA

E-mail: dosen01847@unpam.ac.id, rizabahrulloh07@gmail.com

ABSTRAK

Kematian akibat penyakit degeneratif seperti stroke, jantung dan hipertensi menunjukkan tren peningkatan setiap tahun. Lebih dari 17 juta kematian diperkirakan terjadi akibat penyakit kardiovaskuler. Pemeriksaan kondisi kesehatan jantung secara rutin dapat mengurangi risiko kematian akibat penyakit kardiovaskular. Elektrokardiografi (EKG) merupakan alat yang dapat mengukur aktivitas kelistrikan jantung. Dengan menggunakan EKG, dapat diketahui kondisi kesehatan jantung seseorang. Pada penelitian ini telah dirancang perangkat EKG portabel yang dapat menampilkan sinyal jantung dan mengukur detak jantung yang dapat digunakan di fasilitas kesehatan maupun di rumah. Perangkat yang dibuat meliputi rangkaian penguat instrumentasi, band pass filter, notch filter dan rangkaian catu daya. Perangkat EKG dirancang agar dapat bekerja hanya dengan menggunakan tegangan masukan 5 volt dari battery ion lithium untuk meningkatkan portabilitas. Penguat operasional yang digunakan dipilih agar dapat bekerja pada tegangan +/- 2.5 Volt. Rangkaian catu daya berfungsi untuk menghasilkan tegangan +/-2.5 volt dari tegangan masukan 5 Volt. Sinyal keluaran rangkaian EKG kemudian di konversi ke sinyal digital menggunakan *analog to digital converter* (ADC) MCP3008. Sinyal digital dari ADC diolah dan ditampilkan ke layar LCD menggunakan Raspberry Pi. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa alat yang dirancang mampu mendeteksi, mengukur dan menampilkan detak jantung ke layar LCD.

Kata kunci : Elektrokardiografi, EKG, Pengukur Detak jantung, *Raspberry pi*

ABSTRACT

Deaths caused by degenerative diseases, such as stroke, cardiac disease, and hypertension, shown an increasing trend every year. More than 17 million deaths are estimated to result from cardiovascular disease. A routine cardiac medical examination may reduce the risk of death from cardiovascular disease. Electrocardiography (EKG) is a tool that can measure the cardiac electrical activity. By using EKG, the health condition of human cardiac can be known. In this study, we have designed a portable EKG device that can display heart signals and measure heart rate that can be used in healthcare facilities as well as at home. The device includes an instrumentation amplifier circuit, bandpass filter, notch filter and power supply circuit. The device is designed to work only by using a 5 volt DC input from a lithium-ion battery to increase the portability. The operational amplifier used is selected to work at +/- 2.5 volt DC. The power supply circuit serves to generate +/- 2.5-volt DC from a 5-volt input voltage. The output signal of the ECG circuit is then converted to the digital signal using ADC MCP3008. These digital signals are then processed and displayed on the LCD screen by Raspberry Pi. The results shown that the device can detect the heart signals, measure and display it to the LCD screen.

Keywords: *Electrocardiography, ECG, Heart-rate measurement, Raspberry pi*

PENDAHULUAN

Kematian global akibat penyakit degeneratif diperkirakan mencapai 36 juta jiwa setiap tahun. Sembilan juta kematian

akibat penyakit degeneratif terjadi sebelum usia 60 tahun dan 90% kematian “dini” tersebut banyak ditemukan di negara miskin dan berkembang.

Penyakit kardiovaskular menjadi penyebab kematian nomor satu dari daftar kematian akibat penyakit degeneratif. Penyakit kardiovaskular adalah penyakit yang disebabkan gangguan fungsi jantung dan pembuluh darah. Penyakit seperti jantung koroner, gagal jantung, hipertensi dan stroke merupakan contoh dari penyakit kardiovaskular. Lebih dari 17 juta kematian akibat penyakit kardiovaskular diperkirakan terjadi pada tahun 2008 [1].

Pemeriksaan secara rutin dapat mencegah penyakit degeneratif seperti penyakit kardiovaskular. Beberapa penelitian menunjukkan pengukuran sinyal EKG yang dikombinasikan dengan status aktivitas berperan penting dalam pencegahan penyakit kardiovaskular [2][3]. EKG merupakan alat yang berfungsi mengukur aktivitas kelistrikan jantung sehingga dapat digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan jantung.

Pemeriksaan jantung secara berkala biasanya dilakukan pada fasilitas kesehatan seperti puskesmas atau rumah sakit. Menurut buku Pedoman Tata Laksana Sindrome Koroner Akut, tahap-tahap pemeriksaan pasien dengan gejala-gejala penyakit jantung selalu menggunakan EKG. Pasien yang memiliki keluhan nyeri atau keluhan lain yang mengarah kepada iskemia harus menjalani pemeriksaan dengan EKG [4].

Pemeriksaan rutin juga perlu dilakukan secara mandiri sehingga memudahkan pemantauan dan perekaman kondisi jantung seseorang. Perangkat EKG portabel sudah dikembangkan di beberapa penelitian baik menggunakan IC ECG analog front-end maupun menggunakan op-amp [5][6]. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan perangkat EKG portabel dengan menggunakan rangkaian diskrit yang dapat bekerja dengan sumber catu daya tunggal.

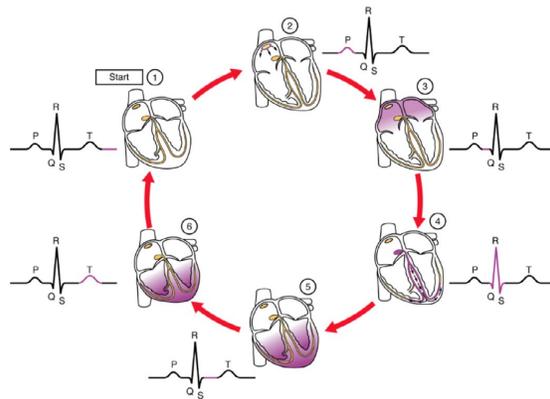
TEORI

Elektrokardiografi

Jantung merupakan organ penting dalam tubuh manusia yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh. Proses pemompaan darah terjadi karena otot jantung berkontraksi karena mendapatkan

rangsangan listrik atau impuls listrik. aktivitas listrik dari jantung dapat diukur dengan menggunakan perangkat medis EKG. Pengukuran aktivitas jantung dilakukan dengan cara mengukur perbedaan biopotensial dari bagian luar tubuh.

Perangkat EKG dapat digunakan untuk mengukur denyut jantung, mendiagnosis penyumbatan otot jantung dan mengidentifikasi kelainan irama jantung (*aritmia*). Sinyal EKG merupakan sinyal AC dengan amplitudo 1 – 5mV dan *bandwith* antara 0.05 Hz sampai 200 Hz]. Gambar 1 merupakan aktivitas jantung dan bentuk sinyal EKG. Setiap proses yang berbeda dari jantung ditandai dengan huruf dan membentuk gelombang P-Q-R-S-T-U. Bentuk sinyal EKG yang spesifik dan perbedaan interval pada gelombang P-Q-R-S-T-U dapat digunakan oleh dokter untuk mengetahui kondisi kesehatan jantung[6][7].

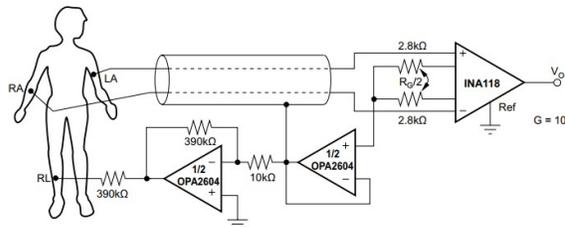


Gambar 1 Aktivitas jantung dan sinyal EKG [7]

Prinsip Dasar Pengukuran EKG

Pasangan elektroda Ag/AgCl atau disebut sebagai lead ditempatkan pada bagian tubuh tertentu untuk mengetahui aktivitas jantung. Sinyal kelistrikan jantung diukur dari beda potensial pada kedua elektroda. Beda potensial yang terukur memiliki amplitudo antara 0.01 mV - 3 mV sehingga diperlukan penguat sinyal. Penguatan diperlukan karena bio-potensial merupakan sinyal sangat lemah dengan impedansi sumber yang sangat besar. Penguat instrumentasi berfungsi untuk

meningkatkan amplitudo sinyal dengan tidak mengubah karakteristik dari sinyal yang didapatkan dari elektroda..



Gambar 2 Prinsip dasar pengukuran EKG[8]

Filter

Hasil pengukuran dari elektroda yang kemudian dikuatkan oleh penguat instrumentasi mengandung sinyal yang tidak diinginkan. *Noise* pada pengukuran kelistrikan jantung dapat bersumber dari artefak gerak tubuh, aktivitas kelistrikan otot, kontak elektroda yang tidak sempurna dan interferensi dari jala-jala listrik. *Band pass filter* dan *notch filter* digunakan untuk meredam *noise* pada pengukuran sinyal EKG. *Bandpass filter* pada EKG berfungsi untuk meloloskan frekuensi dengan rentang nilai 0,05 Hz – 110 Hz. Sedangkan *notch filter* digunakan untuk membuang frekuensi 50 Hz yang timbul akibat interferensi jala-jala listrik.

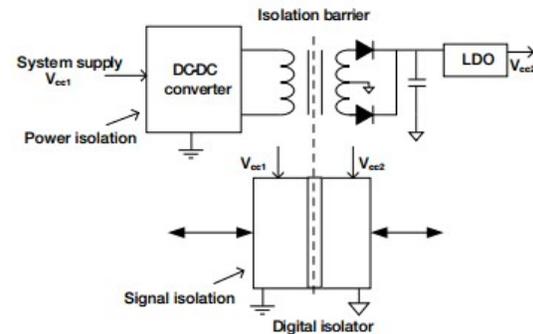
Konversi Analog ke Digital

Analog to Digital Converter (ADC) merupakan komponen penting dari modul EKG.. Sinyal bio-potensial jantung yang diterima dari elektroda di-digitalisasi oleh ADC. Proses digitalisasi memungkinkan sinyal analog dengan mudah disimpan sebagai data digital dan transfer ke perangkat lain. Data digital dari ADC kemudian dikirim ke microprocessor untuk diolah lebih lanjut dan/atau ditampilkan ke layar.

Rangkaian Isolasi

Perangkat EKG terhubung langsung ke pasien melalui elektroda sehingga diperlukan rangkaian isolasi untuk mencegah pasien terkena sengatan listrik. Isolasi digunakan untuk memberikan keamanan bagi pasien dari potensi

sengatan listrik akibat kebocorana arus dari jala-jala listrik. Contoh rangkaian isolalasi dapat dilihat pada gambar 3.

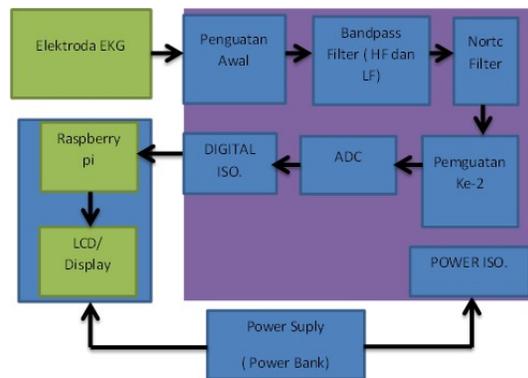


Gambar 3 Diagram Isolasi daya & Isolasi digital [9]

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, pemilihan komponen dilakukan berdasarkan kebutuhan desain. Alat dirancang agar dapat bekerja pada tegangan tunggal 5-volt DC yang bersumber dari adaptor maupun power-bank. Perangkat keras yang dirancang terdiri dari rangkaian penguat penguat instrumentasi, *bandpass filter*, *notch filter*, *penguat kedua*, ADC, catu daya dan rangkaian isolasi. Modul Raspberry pi pada penelitian ini digunakan untuk mengolah dan menampilkan sinyal EKG dan detak jantung ke layar. Blok diagram perangkat EKG dapat dilihat pada gambar 4.

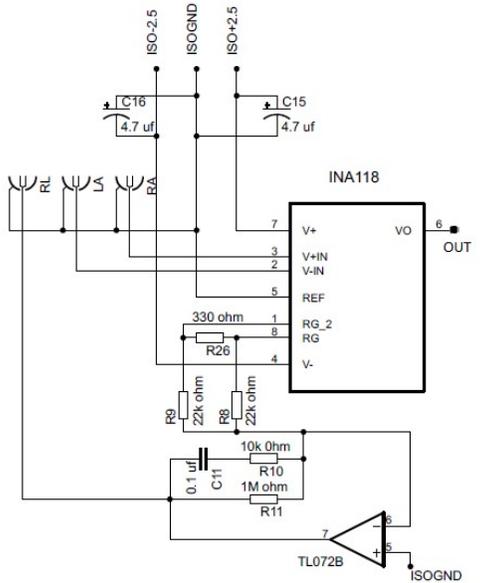


Gambar 4 Blok diagram perangkat keras EKG

Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi diperlukan untuk bisa menangkap sinyal biopotensial jantung yang sangat kecil dan disertai derau. Penguatan sinyal pertama dilakukan untuk menguatkan sinyal dari elektroda sebesar 150 kali. Penguatan tersebut dilakukan dengan menggunakan penguat instrumentasi INA118.

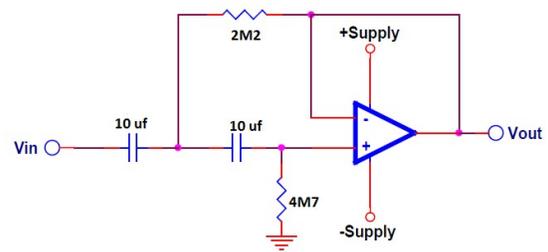
INA118 dipilih karena dapat bekerja pada tegangan catu yang rendah yaitu antara 1.5 volt hingga 18 volt. Penguat instrumentasi INA118 memiliki penguatan hingga 1000 kali, impedansi masukan tinggi common mode rejection minimal 110 dB. INA118 sangat cocok digunakan untuk aplikasi instrumen medis seperti EKG[8]. Rangkaian penguat awal dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Gambar Rangkaian Penguat Instrumentasi

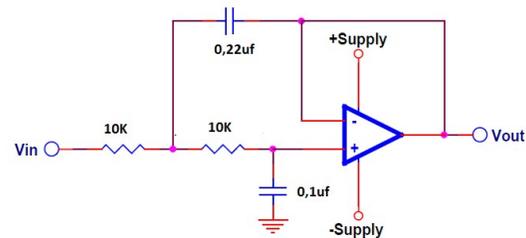
Band Pass Filter

Band pass filter yang digunakan merupakan gabungan rangkaian highpass filter dan lowpass filter. Highpass filter digunakan untuk meredam frekuensi bawah yang berupa *noise* pada tubuh, dengan frekuensi cut-off sebesar 0,5 Hz.



Gambar 6 Rangkaian High Pass Filter

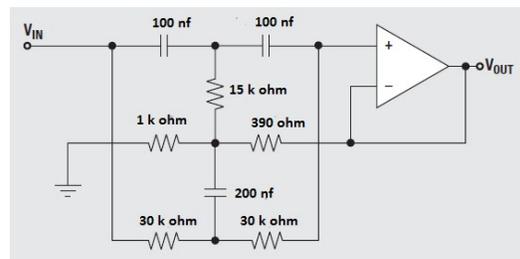
Sedangkan Lowpass filter digunakan untuk menapis frekuensi tinggi di atas 110 Hz.



Gambar 7 Rangkaian Low Pass Filter

Notch Filter

Filter notch dirancang untuk menapis frekuensi ferkuensi jala-jala listrik sebesar 50 Hz. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian notch filter dengan topologi twin-T seperti yang terlihat pada gambar 8.

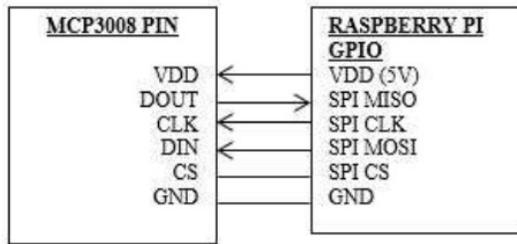


Gambar 8 Rangkaian Notch Filter

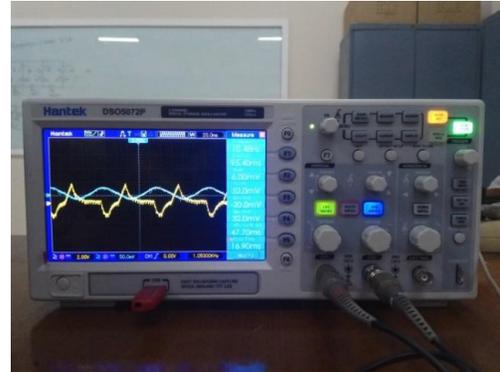
Rangkaian Konverter Analog ke Digital

Raspberry Pi tidak memiliki fasilitas ADC sehingga diperlukan rangkain ADC eksternal. Pada penelitian ini digunakan ADC MCP3008 yang merupakan ADC 10 bit dengan *sampling-rate* maksimum 75 kSpS pada tegangan catu 2.7 Volt. MCP3008 memiliki antarmuka serial SPI

sehingga dapat dengan mudah dihubungkan ke modul Raspberry Pi [10].



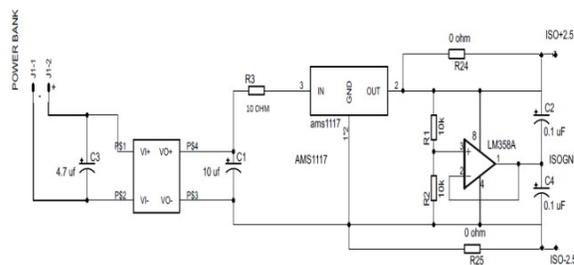
Gambar 9 Koneksi MCP3008 dengan Raspberry Pi



Gambar 11 Osiloskop Digital Merk Hantek

Rangkaian Catu Daya

Pada rangkaian catu daya dibutuhkan konversi tegangan dari 5 volt ke 9 volt. IC B0509S digunakan untuk merubah tegangan 5 volt dari adaptor atau power bank menjadi tegangan 9 volt. IC BS0509 merupakan isolated DC/DC converter dengan arus keluaran maksimum sebesar 111 mA. IC BS0509 memiliki tegangan isolasi 1000 volt dan resistansi isolasi sebesar 1000 MOhm. Keluaran dari BS0509 dirubah kembali ke level tegangan 5 volt menggunakan IC AMS117. Keluaran AMS117 kemudian dihubungkan ke rangkaian pengikut tegangan untuk memperoleh tegangan simetris ± 2.5 volt.



Gambar 10 Rangkaian catu daya EKG

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan dengan memberikan input dari rangkian yang diuji menggunakan *function generator* dan menampilkan bentuk sinyal menggunakan osiloskop digital.



Gambar 12 Function Generator Merk Yokogawa

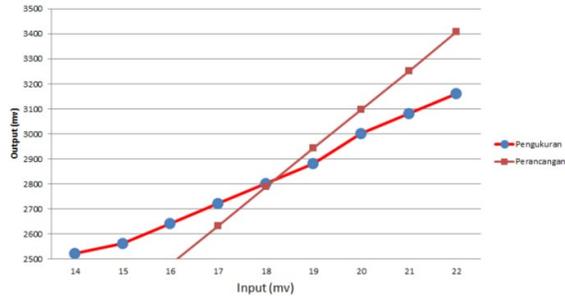
Pengujian Power Isolator

Dari pengujian yang telah dilakukan bahwa rangkaian berfungsi dengan baik dimana keluaran penguat isoaltor memiliki nilai 9,6 volt sesuai spesifikasi pada datasheet sebesar ± 9 volt. Sedangkan untuk keluaran AMS117-5v terukur sebesar + 2,6 volt dan -2,6 volt. Berdasarkan pengujian tersebut dapat dilihat bahwa rangkaian power isolator dan power regulator bekerja dengan baik.

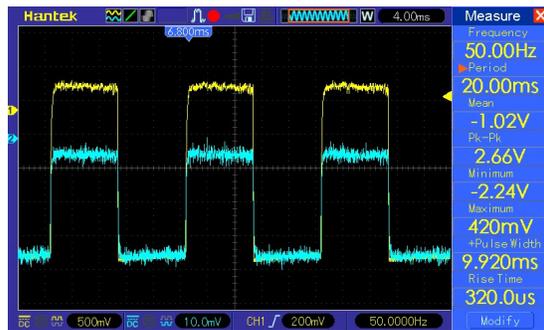
Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi diuji dengan menginjeksikan sinyal sinus dari function generator ke rangkaian penguat instrumentasi. Gambar 13 adalah hasil pengujian penguat instrumentasi. Dari grafik tersebut dapat dilihat adanya penguatan yang melewati dan dibawah penguatan perancangan, ini dikarenakan sinyal keluaran pada function generator memiliki *noise* yang besar sehingga

merusak sinyal asli tersebut dan menguatkan noise pada sinyal tersebut membuat penguatan menjadi besar.



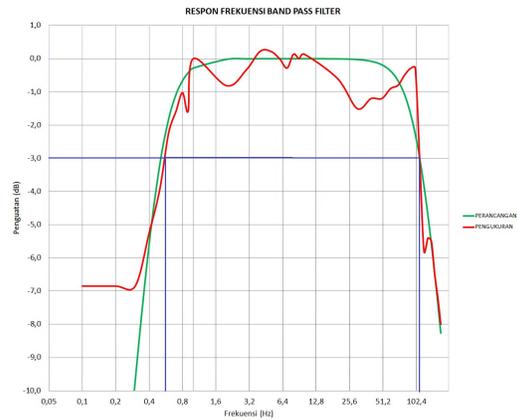
Gambar 13 Grafik Pengujian Penguat Instrumentasi



Gambar 14 Sinyal Input dan Output Penguat instrumentasi

Pengujian Bandpass Filter

Bandpass filter terdiri dari rangkaian *high pass active filter* dan *lowpass active filter*. Filter dirancang untuk meredam frekuensi dibawah 0,5 Hz dan diatas 110 Hz, Pengujian *filter* dilakukan dengan memasukan sinyal dari function generator ke rangkaian *filter*. Keluaran filter dilihat dengan menggunakan osiloskop sehingga dapat diketahui karakteristik respon frekuensi rangkaian tersebut. Gambar 15. menunjukkan hasil pengujian rangkaian band pass filter yang dirancang.



Gambar 15 Respon Frekuensi *Band Pass Filter*

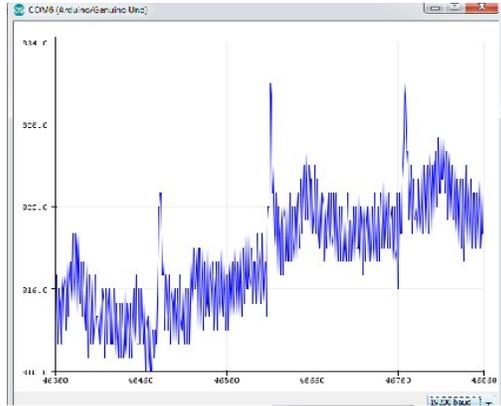
Dari Gambar 15 dapat dilihat bahwa respon frekuensi filter sesuai dengan perancangan. Frekuensi cut-off mendekati dengan perancangan sebesar 0,5 Hz dan mengalami peredaman sebesar -3,88 dB. Pada frekuensi cut off kedua sebesar 110 Hz dan mengalami peredaman sebesar -3,1 dB. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa pass filter bekerja dengan baik. Akan tetapi pada frekuensi dibawah 0,3 Hz tidak mengalami peredaman sama seperti perancangan. Hal ini disebabkan karena suber sinyal dari function generator mengandung noise sehingga noise yang nilainya diatas 0,5 Hz tidak mengalami peredaman.

Pengujian Penguat instrumentasi dan Band Pass Filter dengan sinyal jantung

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan objek seseorang dengan menggunakan penempelan elektroda pada kaki kiri, kaki kanan dan tangan kiri, dengan menganalisa sinyal EKG yang dikeluarkan setiap rangkaian agar dapat dianalisa perbedaan disetiap keluaran sinyal.

a. Penguat Instrumentasi

Pada keluaran instrumentasi sinyal dikuatkan sebesar 152 x tanpa melewati sebuah filter, dari penelitian ini didapatkan sebuah keluaran sinyal EKG seperti Gambar dibawah ini .



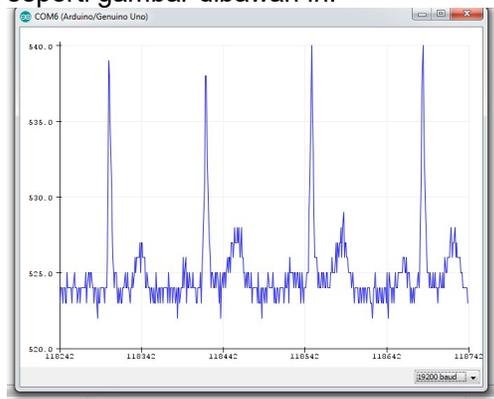
Gambar 16 Keluaran Penguat Instrumentasi

Dari gambar diatas dapat dianalisa bahwa sinyal EKG masih mengandung noise serta masih adanya sinyal Baseline yang memiliki frekuensi dibawah 0.5 Hz.

b. High pass Filter

High pass filter digunakan untuk meredam sinyal Baseline yang merusak sinyal jantung sehingga sinyal jantung menjadi tidak baik. Maka dari itu High pass filter di tentukan nilai cut off frekuensinya sebesar 0.5 Hz sehingga dapat melewatkan sinyal dengan frekuensi diatasnya serta meredam sinyal frekuensi dibawahnya.

Dari hasil percobaan yang dilakukan dengan membaca sinyal EKG pada objek, seperti gambar dibawah in:

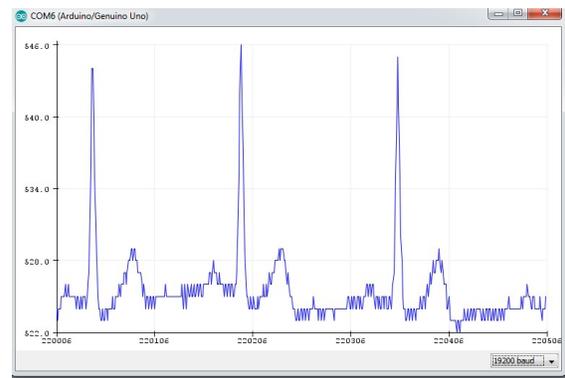


Gambar 17 Keluaran High Pass Filter

Dari gambar 17 dapat dilihat bahwa sinyal jantung yang melewati highpass filter sudah tidak terlihat lagi sinyal baseline seperti gambar 16 dimana sinyal baseline menjadi sinyal noise yang merusak bentuk sinyal jantung. Sehingga pada filter ini butterworth typology sellenkey dapat bekerja dengan baik dan mampu dilalui sinyal jantung.

4.2.3 Low Pass Filter

Low Pas filter digunakan untuk meredam sinyal noise diatas frekuensi 110 Hz dengan menggunakan filter butterworth typology sellenkey sehingga dapat menampilkan sinyal jantung dengan baik, berikut gambar sinyal jantung hasil perekaman pada objek / manusia.

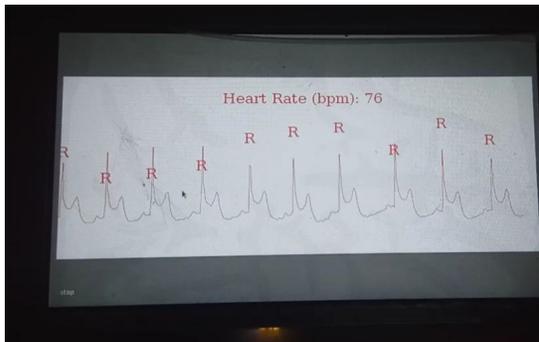


Gambar 18 Keluaran Low Pass Filter Pengukuran Pada Dada

Pengukuran dilakukan untuk melakukan perbandingan dengan bentuk sinyal pada pengukuran aVL, aVR dan aVf , Pengukuran ini dilakukan dalam dada dengan dilakukanya 3 pengukuran, sebagai berikut:

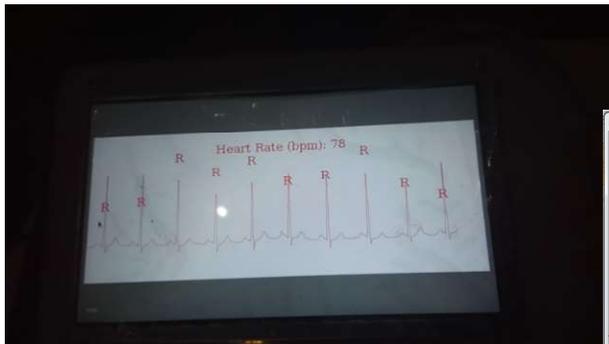


Gambar 19 Pengukuran pada dada relawan



Gambar 20 Pengukuran aVL

Berdasarkan gambar 20 terlihat gelombang jantung dengan gelombang P, R dan T terlihat. Gelombang baseline tidak terlihat .



Gambar 21 Pengukuran aVF

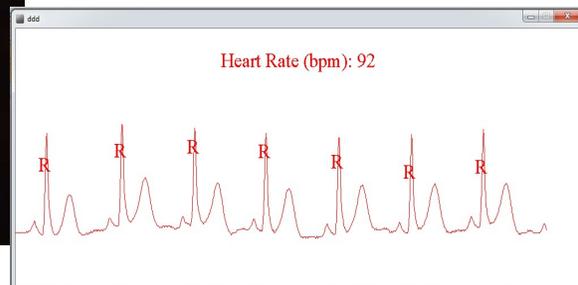
Berdasarkan gambar 21 terlihat gelombang jantung dengan gelombang P, Q,R,S dan T terlihat. Gelombang baseline tidak terlihat lagi. Pengukuran pada aVF memiliki gelombang yang bagus, sehingga dapat menampilkan QRS komplek.

Pengukuran Pada Lengan Tangan dan Kaki

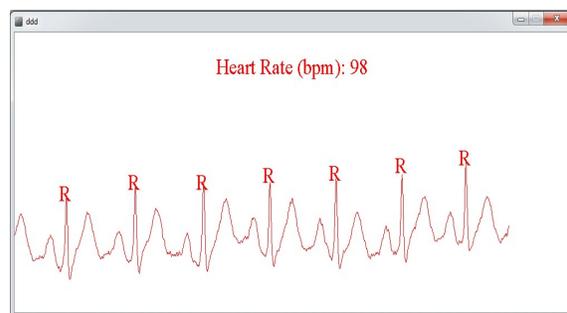
Pengukuran ini dilakukan dengan pengukuran lead 1, lead2, dan lead 3. Dari pengukuran tersebut dapat diketahui bentuk sinyal yang ada. Berikut adalah data dan dokumentasi pengukuran pada relawan :



Gambar 22 Dokumentasi Pengukuran Terhadap Relawan

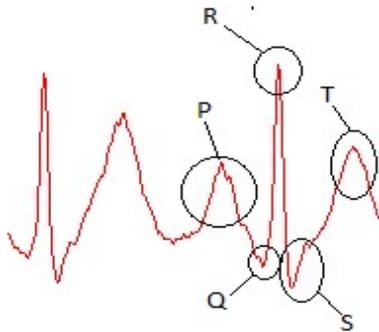


Gambar 23 Tampilan Sinyal Lead 1



Gambar 24 Tampilan Sinyal Lead 2

Dari hasil sinyal jantung yang di ukur, bahwa program dapat menampilkan gelombang Sinyal P , Q,R,S dan T. dimana merupakan bentuk dari sinyal komplek jantung serta dapat menampilkan detak jantung. Akan tetapi pada beberapa pengukuran sinyal jantung tidak terlihat begitu jelas hal ini terjadi dari kondisi badan relawan yang tidak relax / banyak pergerakan.



Gambar 25 Hasil Pengukuran Sinyal Jantung Komplek

Bentuk Alat

Frame / tempat Alat dibuat *portable* dengan panjang 22 x 12 x 5 cm dengan menggunakan LCD thouchscreen 7" yang mempermudah dalam melakukan penampilan sinyal jantung dan dilengkapi dengan raspberrry pi yang menjadi pengolah sinyal serta menjadi mini komputer yang dapat membuat pekerjaan lain.



Gambar 26 Bentuk Alat

Bentuk alat dengan bahan cover menggunakan akrilik dengan tebal 3 mm dengan LCD 7"

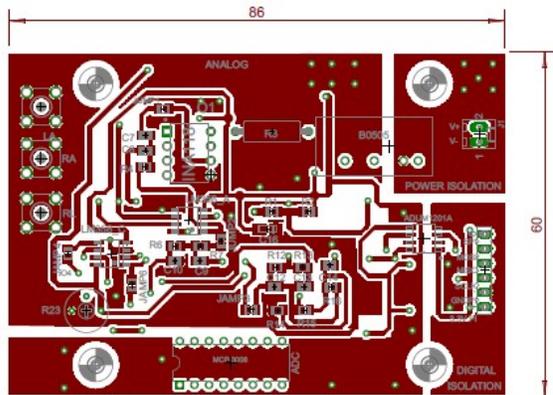


Gambar 27 Penempatan Raspberry Pi dan Power Bank

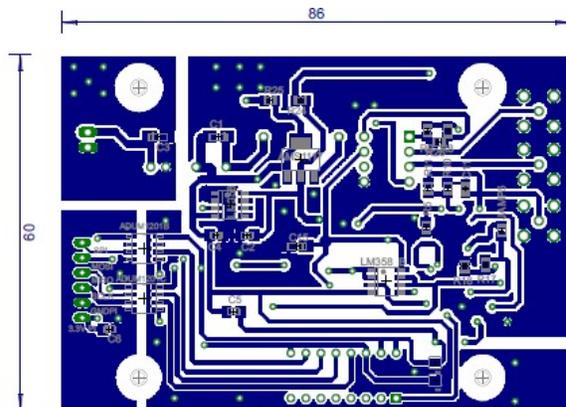
Penempatan Raspberrry diatas pengkondisi sinyal serta tempat power bank disebelah kanan yang memudahkan power bank untuk diambil melewati lubang untuk melakukan pengisian baterai.



Gambar 28 Penempatan Pengkondisi Sinyal



Gambar 29 Tampak Atas PCB
Pengkondisi Sinyal



Gambar 30 Tampak Bawah PCB
Pengkondisi Sinyal

Pada gambar diatas, penempatan dan bentuk PCB pengkondisi sinyal yang dibuat dengan memiliki ukuran 8,6 x 6 cm memiliki ukuran yang kecil dapat dikembangkan menjadi alat yang lebih kecil lagi untuk menampilkan sinyal jantung.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan. Pada penelitian ini dapat dibuat alat Elektrokardiografi berbasis raspberry pi sebagai pengolah sinyal yang dikirim dari pengkondisi sinyal. Dapat merancang *band pass* filter frekuensi antara 0,5 Hz – 110 Hz untuk meredam noise pada EKG, dengan menggunakan filter Butterworth typology

sallen key orde 2. Hanya adanya peredaman respon frekuensi tidak seperti yang diinginkan, dimana harusnya menghasilkan respon frekuensi sinyal yang datar. Dapat membuat PCB pengkondisi sinyal dengan komponen SMD sehingga menjadi bentuk yang kecil dan tidak memakan tempat sebagai upaya untuk memperoleh bentuk yang *Portable*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. "Info Datin Situasi Kesehatan Jantung," 2014. [Online]. Available: <http://www.depkes.go.id/article/view/15021800003/situasi-kesehatan-jantung.html>.
- [2]. Fen Miao, et al., "A Wearable Context-Aware ECG Monitoring System Integrated with Built-in Kinematic Sensors of the Smartphone," *Sensors* 2015, 15, 11465-11484; doi:10.3390/s150511465.
- [3]. G. Katritsis, et al., "Prognostic Significance of Ambulatory ECG Monitoring for Ventricular Arrhythmias." *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2013, 56, 133–142.
- [4]. Perhimpunan Dokter Spesialis Kardiovaskular Indonesia. 2015. Buku Pedoman Tata Laksana Sinrom Koroner Akut
- [5] F. Abtani, et al., "An Affordable ECG and Respiration Monitoring System Based on Raspberrand ADAS1000: First Step towards Homecare Applications", *Sensors* 2015, 15, 93-109;doi:10.3390/s150100093
- [6] João Paulo Teixeira , António Ferreir, "Ambulatory Electrocardiogram Prototype," *Procedia Computer Science* 64 (2015) 800 – 807 .
- [7] Mario Merone, et al, "ECG databases for biometric systems: A systematic review," *Expert Systems With Applications* 67 (2017) 189–202, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2016.09.030>
- [8] Texas Instrument, "INA118 Precision, Low Power Instrumentation Amplifier", 2016, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina118.pdf>

- [9] Kumar T. Vikar, Reghunathan, Anand,
“Fully Integrated signal and power isolation
– application and benefit”, Texas
Instrument, 2107,
<http://www.ti.com/lit/wp/slyy112/slyy112.pdf>
- [10] Microchip, “MCP3004/3008: 2.7V 4-
Channel/8-Channel 10-Bit A/D Converter
with SPI Serial Interface”, 2007,
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21295d.pdf>