



---

## Akuisisi Sinyal Electrocardiography (ECG) Berbasis Arduino

Putri Madona<sup>1</sup>, Rizki Fadilla<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika, email: dhona@pcr.ac.id

<sup>2</sup>Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika, email: rizky@alumni.pcr.ac.id

### [1] Abstrak

*Serangan jantung masih menjadi salah satu penyakit penyebab kematian di seluruh dunia. Banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat modul akuisisi sinyal EKG yang portable dan akurat sebagai salah satu solusi bagi permasalahan penyakit jantung. Modul yang portable dan mudah digunakan dapat dimanfaatkan oleh pasien secara mandiri untuk mengetahui sedini mungkin adanya gangguan pada kerja jantung. Alat akuisisi sinyal EKG yang dibuat ini akan menghasilkan sinyal ekg yang dapat dimanfaatkan untuk merekam data sinyal jantung pasien. Alat ini terdiri dari rangkaian biopotensial sebagai penguat sinyal dari sensor elektroda, lalu filter LPF dan penguat non inverting ditambahkan untuk menghilangkan noise dan menguatkan sinyal sebelum masuk pada tahap selanjutnya. Pengujian dilakukan pada 3 subjek dengan 3 kondisi yakni duduk, naik tangga dan berlari. Hasil pengujian menunjukkan alat ini mampu menampilkan sinyal EKG dengan interval PQRST yang cukup baik, meskipun masih terlihat noise mempengaruhi sinyal tersebut. Sementara itu, pengujian Beat Per Minute (BPM) dari setiap subjek yang dibandingkan dengan hasil perhitungan BPM secara manual menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup rendah, yakni 3.52% untuk kondisi duduk, 2.47% setelah naik tangga dan 3.73% setelah berlari.*

**Kata kunci:** EKG, LPF, PQRST, BPM

### [2] Abstract

*Heart attack is still one of the leading causes of death worldwide. Much research has been done to make a portable and accurate ECG signal acquisition module as a solution to heart disease problems. This portable and easy-to-use module can be used by patients independently to find out as early as possible any disturbances in the heart's function. This ECG signal acquisition tool will generate ECG signals that will be utilized to record the patient's heart signal data. The tool consists of a biopotential circuit as a signal amplifier from the electrode sensor, then LPF filters and non-inverting amplifiers are added to eliminate noise and amplify the signal before entering a later stage. The testing was conducted on 3 subjects with 3 conditions: sitting, climbing stairs, and running. Test results showed the tool was able to display ECG signals at a fairly good PQRST interval, although noise still appeared to affect the signal. Meanwhile, Beat Per Minute (BPM) testing of each subject compared to the BPM calculation results manually resulted in a fairly low error rate of 3.52% for sitting conditions, 2.47% after climbing the stairs, and 3.73% after running.*

**Keywords:** EKG, LPF, PQRST, BPM

---

## 1. Pendahuluan dan Tinjauan Pustaka

Dewasa ini serangan jantung banyak terjadi secara tiba-tiba, tanpa menunjukkan gejala apapun. WHO mengatakan bahwa serangan jantung menjadi penyebab 31% kematian di seluruh dunia [1]. Hal ini tentu sangat berbahaya mengingat angka kematian yang dapat disebabkan oleh penyakit ini. Sehingga diperlukan pendeteksian dini terhadap kondisi jantung seseorang. Dengan dilakukannya hal tersebut, diharapkan seseorang dapat mengontrol dirinya hingga dampak dari penyakit ini dapat diminimalisir dan dapat ditangani dengan benar. Sementara itu kenyataannya, alat yang digunakan untuk mendeteksi adanya kelainan jantung, yaitu EKG, hanya bisa diakses pada tempat-tempat pelayanan Kesehatan tingkat atas, misalnya Rumah sakit. Tempat pelayanan tingkat bawah seperti Puskesmas dan Klinik-klinik mayoritas tidak memiliki alat EKG ini. Sehingga, deteksi dini adanya penyakit ini seringkali tidak bisa dilakukan.

Menurut [2], kondisi jantung normal biasanya mempunyai karakteristik irama yang khas. Apabila ditemukan irama jantung yang cenderung tidak teratur atau aktivitas listrik terganggu akibat gangguan otot jantung, maka kondisi tersebut bisa dideteksi. Hal ini ditunjukkan dari bentuk EKG yang tidak beraturan. EKG dapat digunakan untuk mengetahui denyut serta irama jantung sehingga membantu dokter untuk mendiagnosis adanya kelainan. Selain itu, fungsi alat EKG juga meliputi mengetahui posisi jantung serta mendeteksi adanya penebalan otot atau tidak.

Banyak penelitian yang dilakukan untuk membuat perangkat akuisisi sinyal EKG. Penelitian [3] menggunakan elektroda *suction cup* sebagai sensor sinyal EKG dan PC untuk menampilkan sinyal EKG yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elektroda *suction cup* menghasilkan sinyal EKG yang kurang baik dan tidak stabil. Penelitian [4] menggunakan elektroda 12 lead dan PC sebagai penampil sinyal EKG. Sinyal ditampilkan tiap lead pada PC tidak bisa secara bersamaan. Penelitian [5] menggunakan 3 lead elektroda dan hanya diujikan pada pasien normal dengan kondisi rileks.

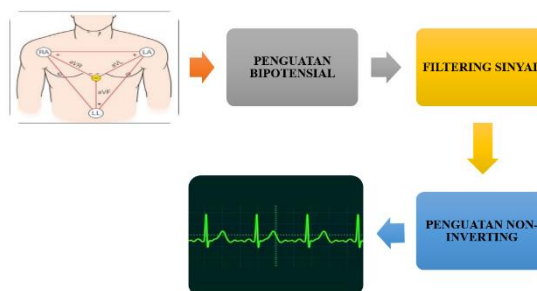
Penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk membuat suatu perangkat akuisisi sinyal EKG portable untuk menampilkan sinyal EKG yang simple dengan menggunakan 3 lead elektroda. Pengujian dilakukan dengan mengamati sinyal pada osciloskop dan diujikan pada 3 kondisi, yakni kondisi duduk (rileks), naik tangga dan berlari. Pengujian dengan kondisi yang berbeda untuk melihat kecepatan dan keakurasian perekaman data sinyal EKG berdasarkan perhitungan BPM oleh modul akuisisi yang dibuat.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan merancang, membangun dan melakukan pengujian terhadap beberapa rangkaian yang akan membentuk alat akuisisi sinyal EKG berbasis Arduino.

### 2.1.1 Blok Diagram

Gambar 1 merupakan diagram blok dari alat akuisisi sinyal EKG berbasis Arduino.

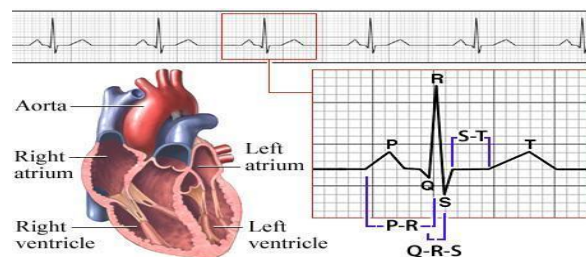


Gambar 1 Blok Diagram Sistem

### 2.1.2 Elektrokardiogram

Elektrokardiogram (EKG) adalah proses perekaman aktivitas jantung menggunakan elektroda yang ditempatkan di atas kulit. Elektroda ini akan mendeteksi perubahan elektrik kecil pada kulit yang muncul dari pola elektrofisiologi dari depolarisasi dan repolarisasi pada setiap detak jantung. EKG umum digunakan untuk mendeteksi masalah jantung. Dimana pada sinyal EKG ini memiliki nilai periode waktu yang disebut PQRST.

Sinyal EKG terdiri atas beberapa gelombang yang mempresentasikan aktivitas yang berbeda – beda. Sinyal ini terdiri atas : Gelombang P yang disebabkan oleh depolarisasi Atrium, Gelombang QRS merupakan akibat dari depolarisasi ventrikel, Gelombang T merupakan proses repolarisasi ventrikel, interval PR dan segmen ST [3].



**Gambar 2 Output Sinyal Jantung**

### 2.1.3 Sensor EKG

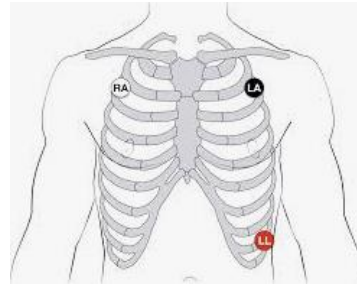
Sensor yang digunakan pada akuisisi sinyal EKG ini adalah elektroda. Komponen ini berfungsi untuk menangkap sinyal listrik yang terdapat pada sel-sel tubuh seseorang. Sensor ini menggunakan 3 buah elektroda yang terpasang, dimana masing masing elektroda itu memiliki peranan tersendiri, dari elektroda positif, negatif dan elektroda netral. Ada beberapa macam jenis elektroda yaitu elektroda hidrogen standar (EHS), elektroda kalomel Jenuh (EKJ), elektroda merkuri/merkuri sulfat, dan elektroda Ag/AgCl. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini bertipe elektroda Ag/AgCl.



**Gambar 3 Elektroda EKG tipe Ag/AgCl**

### 2.1.4 Sistem Elektroda 3 Lead.

Proses pengambilan data sinyal EKG pada penelitian ini menggunakan sistem elektroda 3 lead. Gambar 4 menunjukkan penempatan elektroda ECG pada subjek.



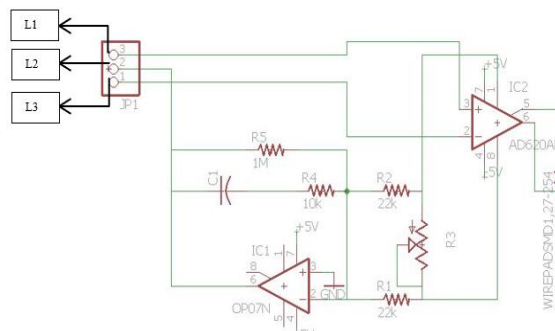
Gambar 4 Penempatan Sensor [4]

### 2.1.5 AD620

AD620 adalah perangkat elektronika yang berfungsi sebagai penguat instrumen, penguat instrumen di dalam medis disebut juga penguat biopotensial. Aliran listrik yang terdapat pada jaringan sel tubuh itu sangat lemah, maka digunakan IC AD620 sebagai penguat sinyal yang dihasilkan oleh sensor elektroda. AD620 sudah banyak digunakan di dalam banyak penelitian terkait sinyal EKG, diantaranya [6][7][8][9]. IC ini dapat menekan derau dari diferensiasi jala-jala listrik yang terdapat pada sel tubuh. Dasar dari penguat ini merupakan Op-Amp yang memiliki 2 input dan 1 output dimana penguatannya dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$G = \frac{(R_3+R_4)}{R_g} + 1 \quad (1)$$

Penguatan yang digunakan adalah sebesar 8x dari sinyal yang dihasilkan oleh sensor. Oleh karena itu nilai-nilai  $R_3$ ,  $R_4$  dan  $R_g$  berturut-turut adalah : 22K $\Omega$ , 22K $\Omega$  dan 6,98 K $\Omega$ .



Gambar 5 Rangkaian Penguat Biopotensial

### 2.1.6 Elektrokardiogram

Rangkaian low pass filter digunakan untuk membatasi frekuensi sinyal yang dapat masuk ke rangkaian. Pada rangkaian low pass filter ini ditentukan frekuensi cut-off 20 Hz. Frekuensi cut-off ini berdasarkan frekuensi sinyal EKG yang berada pada rentang 0,05 Hz-20 Hz . Rangkaian low pass filter ini juga digunakan untuk menyaring noise ataupun sinyal lain yang memiliki frekuensi diatas 20 Hz seperti frekuensi jala-jala listrik yang dapat mengganggu sinyal keluaran sensor. Rangkaian yang digunakan adalah low pass filter aktif dengan spesifikasi butterworth orde 2 menggunakan topologi Sallen Key. Penguatan ( $A_v$ ) pada rangkaian bernilai 1. Berikut perhitungan pada LPF:

Nilai kapasitor C1 dan C2 ditentukan dengan rumus:

$$C_2 \geq C_1 \frac{4b_1}{a_1^2} \quad (2)$$

Dengan menentukan  $C_1=100\text{nF}$ , koefisien  $a_1=1,4142$ , koefisien  $b_1=1$ , maka  $C_2$ :

$$C_2 \geq 100\text{nF} \frac{4 \times 1}{(1,4142)^2}$$

$$C_2 \cong 220\text{nF}$$

Selanjutnya nilai resistor  $R_1$  dan  $R_2$  ditentukan dengan persamaan:

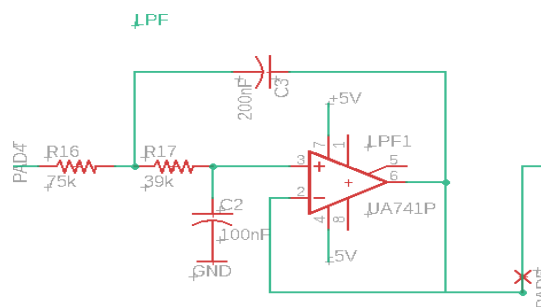
$$R_{1,2} = \frac{a_1 C_2 \pm \sqrt{a_1^2 C_2^2 + 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

Dengan memasukkan nilai  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $F_c$ , koefisien  $a_1$  dan  $b_1$ , maka diperoleh:

$$R_1 = 75\text{k}\Omega$$

$$R_2 = 39\text{k}\Omega$$

Rangkaian Low Pass Filter yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6 Rangkaian LPF**

### 2.1.7 Elektrokardiogram

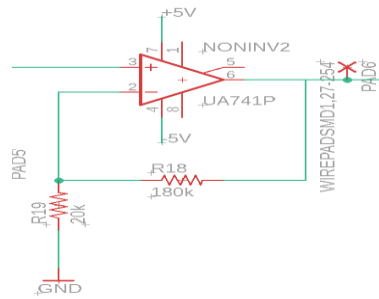
Penguat non-inverting amplifier digunakan untuk menguatkan output dari filter LPF. Penguatan di desain sebesar 10 kali. Rumus penguatannya:

$$G = \frac{R_f}{R_g} + 1 \quad (3)$$

$$G = \frac{180\text{k}}{20\text{k}} + 1$$

$$G = 10 \text{ kali}$$

Perancangan rangkaian penguat non inverting ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Rangkaian Non-Inverting

### 3. Pengujian dan Analisa

#### 3.1 Pengujian Penguat Biopotensial

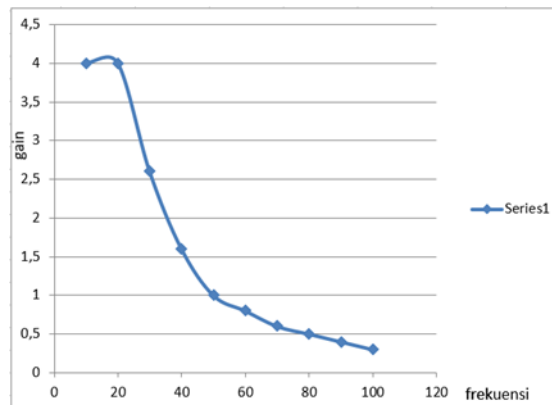
Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian dari Rangkaian Penguat Biopotensial yang dibuat. Dari tabel tersebut terlihat bahwa hasil pengujian penguatan sesuai dengan perancangan yakni 8x.

Tabel 1 Pengujian Penguat Biopotensial

Vin (mV)	Vout (mV)	Gain
0,5	3,86	8
1	7,65	8
1,5	11,3	8
2	15,3	8
2,5	19,2	8

#### 3.2 Pengujian Low Pass Filter Orde 2

Pengujian pada filter dilakukan untuk melihat respon frekuensi dari rangkaian Low Pass Filter Orde 2. Berikut adalah respon frekuensi dari rangkaian LPF yang sudah dibuat. Dari respon frekuensi terlihat nilai penguatan akan berkurang mulai dari frekuensi 20 Hz.

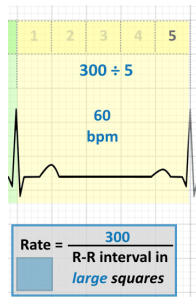


Gambar 8 Grafik Pengujian Low Pass Filter Orde 2

### 3.3 Pengujian Perhitungan BPM

Pengujian perhitungan BPM dimaksudkan untuk membandingkan antara hasil pengukuran BPM dari alat yang dibuat terhadap pengukuran secara manual. Pengujian dilakukan pada 3 subjek dengan kondisi jantung normal dengan 3 keadaan yakni duduk, menaiki tangga dan berlari. Data yang diuji adalah perbandingan nilai BPM sinyal EKG yang muncul dari alat akuisisi yang dibuat pada osciloskop terhadap nilai BPM yang dihitung secara manual. Manual di sini maksudnya menghitung detak nadi pada pergelangan tangan.

Nilai BPM dihitung dengan menggunakan cara berikut :



Gambar 9 Proses perhitungan BPM dari tampilan Osiloskop [5]

Perhitungan nilai BPM dari sinyal EKG yang muncul di osciloskop menggunakan rumus berikut :

$$\text{BPM} = \frac{300}{\text{Jumlah kotak R-R Interval}} \quad (4)$$

Sedangkan pengujian Bpm manual dilakukan dengan cara menghitung jumlah detak jantung pada pergelangan tangan dalam waktu 1 menit.

Tabel 2 Hasil Pengujian Pada Subjek 1 pada saat kondisi duduk.

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	102	97	4.90
2	96	94	2.00
3	102	96	5.88
4	90	84	3.33
5	96	97	1.03
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>3.42</b>

Tabel 3 Hasil Pengujian Pada Subjek 2 pada saat kondisi duduk.

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	84	80	4.76
2	84	81	3.57
3	96	93	3.12
4	90	86	4.44
5	96	94	2.08
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>3.59</b>

Tabel 4 Hasil Pengujian Pada Subjek 3 pada saat kondisi duduk.

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	72	71	1.38
2	72	70	2.77
3	84	81	3.27
4	78	74	5.12
5	72	68	5.55
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>3.55</b>



Gambar 10 Tampilan Sinyal EKG Subjek 1 kondisi duduk.

Tabel 5 Hasil Pengujian Pada Subjek 1 saat kondisi setelah naik tangga

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	108	104	3.70
2	108	106	1.85
3	114	111	2.63
4	120	117	2.5
5	108	106	1.85
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>2.50</b>



Tabel 6 Hasil Pengujian Pada Subjek 2 saat kondisi setelah naik tangga

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	114	112	1.75
2	108	105	2.77
3	108	103	4.62
4	120	119	0.83
5	114	112	1.75
Rata-Rata Error			2.34

Tabel 7 Hasil Pengujian Pada Subjek 3 saat kondisi setelah naik tangga.

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	102	98	3.92
2	102	99	2.94
3	114	112	1.75
4	96	91	5.2
5	108	104	3.07
Rata-Rata Error			3.37



Gambar 11 Tampilan Sinyal EKG Subjek 3 saat kondisi naik tangga

Tabel 8 Hasil Pengujian Pada Subjek 1 saat kondisi setelah berlari

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	102	96	5.88
2	144	138	4.16
3	120	115	4.16
4	108	101	6.48
5	114	108	5.26
Rata-Rata Error			5.18

Tabel 9 Hasil Pengujian Pada Subjek 2 saat kondisi setelah berlari

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	114	112	1.75
2	126	119	5.55
3	108	103	4.62
4	132	128	3.03
5	138	136	1.44
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>3.07</b>

Tabel 10 Hasil Pengujian Pada Subjek 3 saat kondisi setelah berlari

Percobaan ke-	Bpm (perhitungan)	Bpm (manual)	Error (%)
1	126	124	1.58
2	114	109	4.38
3	120	117	2.5
4	132	129	2.27
5	126	121	3.96
<b>Rata-Rata Error</b>			<b>2.93</b>



Gambar 12 Tampilan Sinyal EKG Subjek 2 kondisi setelah berlari

Perhitungan bpm manual ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13 Perhitungan Bpm secara manual

Dari data hasil pengujian ketiga kondisi terlihat bahwa terdapat perbedaan hasil BPM antara alat yang dibuat dengan pengujian secara manual. Hal ini dapat terjadi karena beberapa sebab. Salah satunya, karena perhitungan menggunakan alat akuisisi EKG yang dibuat hanya mengambil 1 sampel siklus sinyal EKG, lalu memprediksi jumlah sinyal atau denyut jantung selama 1 menit. Ada kemungkinan bahwa frekuensi dari denyut berubah dalam waktu 1 menit tersebut, sehingga prediksi menjadi berbeda dengan hasil ukur secara manual.

Pada kondisi setelah naik tangga maupun berlari, perbedaan perhitungan dapat terjadi karena antara pengujian BPM menggunakan alat akuisisi yang dibuat dengan perhitungan secara manual terjadi jeda beberapa saat. Dimana perhitungan manual dilakukan beberapa saat setelah pengambilan data menggunakan alat akuisisi. Sehingga frekuensi denyut jantung saat pengujian secara manual bisa jadi sudah lebih rendah dibandingkan saat awal. Di samping itu, kemungkinan kesalahan bisa terjadi akibat kesalahan pengukuran yang dilakukan secara manual, dimana terdapat kesulitan untuk merasakan denyut yang tepat pada nadi. Namun secara keseluruhan alat akuisisi ini telah mampu menunjukkan sinyal EKG yang baik dengan komponen PQRST yang jelas dan tingkat persen kesalahan yang rendah.



Gambar 14 Modul Akuisisi Sinyal EKG

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa detak jantung ketiga subjek pada saat duduk atau tidak melakukan aktivitas berat berada di antara range 70 sampai 102 bpm. Detak jantung pada saat setelah naik tangga memiliki rentang antara 96 sampai 120 bpm. Ketika ketiga subjek dalam kondisi setelah berlari detak jantung berada pada range antara 102 sampai 138 bpm. Dari pengujian yang dilakukan, alat akuisisi sinyal EKG yang telah dibuat menghasilkan tingkat kesalahan yang cukup rendah, yakni 3.52% untuk kondisi duduk, 2.47% setelah naik tangga dan 3.73% setelah berlari.

#### Daftar Pustaka

- [1] WHO. (view Nov 2020). Cardiovascular Diseases (CVD's)[online]. Available : [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- [2] Mayo clinic. (view Nov 2020). Heart Diseases [online]. Available :
- [3] H.Sulistyo dkk, "Akuisisi Data dan Pengolahan Isyarat Elektrokardiograf Menggunakan Media USB Dataq DI-148U", JNTETI, Vol.2., N.4., February 2013.
- [4] Agustawan, A.Surtono dan G.A. Pauzi, "Sistem Instrumentasi Data EKG 12-lead berbasis Komputer", Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika, V.-4., N.01., Januari 2-16.
- [5] P.Madona, R.Ilias.B., and M.Mahrus.Z, "PQRST Wave Detection on ECG Signals", on International Conference in Safety and Public Health, September 2020.

- [6] Universitas Hasanuddin. 2017. Pemasangan dan Interpretasi Elektrokardiografi: Buku Acuan Peserta, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
- [7] Wikihow. (view Juli 2020). Cara Menghitung Detak Jantung Melalui EKG [online]. Available : <https://id.wikihow.com/Menghitung-Detak-Jantung-Melalui-EKG>.
- [8] Arief, J. (2007). ELEKTROKARDIOGRAF BERBASIS PC ( PC BASED ECG ).
- [9] I.Nasiqin, A.Surtono, dan G.A.Pauzi, Rancang Bangun Penguata Biopotensial Elektrokardiografi (EKG).Berbasis IC AD620, Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol.03, pp. 188–194, Juli 2015.
- [10] A.Khaliq, Akuisisi Data Sinyal ECG dan Pulse Oxsimetry (SPO2) Menggunakan Biomedical Measurment KL.710, Jurnal Penelitian Kesehatan, 2016.
- [11] A.Widodo, “SistemAkuisisi ECG Menggunakan USB untuk Deteksi Aritmia”, Proceeding Seminar Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS, 2018.