

ELECTROPHONOCARDIOGRAPH BERBASIS RASPBERRY PI PARAMETER ECG

Dede Widiyanto¹, Nur Hudha Wijaya², Kuart Supriyadi³
Program Studi D3 Teknik Elektromedik Program Vokasi
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jln. Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul-DIY, Indonesia 555185
Telp. (0274) 387656, Fax (0274) 387646
Email : widiyantodede@gmail.com, nurhudhawijaya@umy.ac.id

ABSTRAK

Penyakit jantung dapat dicegah dan dapat dilakukan pendeteksian dini. Pemeriksaan kondisi jantung dapat dilakukan beberapa tahap, salah satunya adalah pemeriksaan melalui *electrocardiograph* (ECG). Penggunaan ECG tidak hanya digunakan di rumah sakit, namun juga di semua pelayanan kesehatan. Dalam penelitian ini dirancang alat diagnostik dan monitoring kondisi jantung berdasarkan kelistrikan jantung secara *realtime* dengan ukuran *compact*, serta mudah digunakan. ECG yang dirancang menggunakan *Raspberry pi* sebagai *microprocessor*, dan aplikasi *Qt Creator* untuk proses visualisasi hasil rekaman serta media untuk menyimpan data ECG. Metode pengujian dan pengukuran yang dilakukan adalah dengan membandingkan nilai *heartrate*, amplitudo dan lebar pulsa pada modul ECG dengan alat kalibrator ECG (Fluke PS410 ECG *Simulator*). Hasil pengukuran nilai *error* pada nilai *heartrate* secara *realtime* sebesar 0,20% dan dengan *file* tersimpan sebesar 1.11 %. Hasil pengukuran nilai *error* amplitudo sinyal ECG adalah sebesar 0.77% dan lebar pulsa sebesar 0%. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan modul ECG dapat melakukan pengukuran perhitungan *heartrate* serta hasil perekaman sinyal ECG yang sudah menyerupai sinyal ECG standar.

Kata kunci : Jantung, *Electrocardiograph*, *Raspberry pi*, *Qt Creator*

1. PENDAHULUAN

Setiap orang di dunia berpotensi mengidap penyakit *cardiovascular diseases* (CVDs) atau penyakit kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular adalah penyakit gangguan pada jantung dan pembuluh darah. Menurut *World health organization* (WHO) kasus kematian terbesar di dunia adalah penyakit jantung lalu disusul dengan penderita stroke [1]. Pada tahun 2015 diperkirakan 17,7 juta orang meninggal karena CVDs mewakili 31% dari semua kematian global. Dari jumlah kematian tersebut, diperkirakan 7,4 juta disebabkan oleh penyakit jantung koroner dan 6,7 juta disebabkan oleh stroke [2].

Penyakit jantung dapat dicegah dan dapat dilakukan pendeteksian dini. Pemeriksaan kondisi jantung dapat dilakukan beberapa tahap, salah satunya adalah pemeriksaan melalui *electrocardiograph* (ECG). ECG merupakan salah satu alat yang sering digunakan dalam pemeriksaan jantung [3]. Dengan memanfaatkan kelistrikan pada jantung saat terjadi depolarisasi dan repolarisasi. Dari kelistrikan jantung tersebut didapat grafik elektrokardiogram. Dari grafik tersebut dapat diketahui kondisi jantung [4]. Proses pemeriksaan dengan ECG tersebut dilakukan secara *realtime*. Namun untuk menampilkan sinyal ECG dengan 3 lead dan secara *realtime* maka dibutuhkan sebuah pemrosesan yang sangat cepat serta media penyimpanan sementara yang cukup, salah satunya adalah *Raspberry pi*. Tetapi *Raspberry pi* tidak memiliki *port* yang digunakan untuk mengubah analog ke digital atau *port* ADC (*Analog to Digital Converter*) maka dari itu digunakan mikrokontroler sebagai media untuk mengubah tegangan analog ke digital.

Kebutuhan ECG tersebut tidak hanya digunakan oleh rumah sakit di daerah kota, namun juga diperlukan oleh tenaga medis di daerah tertinggal, perbatasan, dan kepulauan (DTPK) untuk membantu pelayanan kesehatan di daerah tersebut, mengingat peralatan kesehatan dan sarana penunjang di DTPK kurang mencukupi sehingga mengakibatkan akses terhadap pelayanan rendah. Sehingga dibutuhkan peralatan penunjang pelayanan kesehatan terutama ECG yang mudah dibawa, *portable*, dengan ukuran *compact*, serta mudah dalam pengoperasiannya

2. METODE PENELITIAN

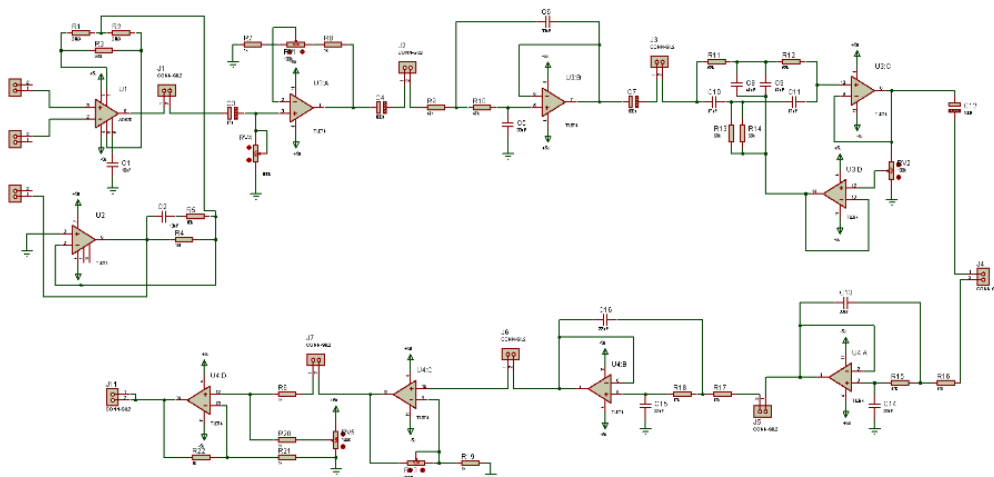
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa bagian yaitu : perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), pengujian alat, dan pengambilan data.

2.1. Perancangan Hardware

Pada perancangan *hardware* terdiri dari beberapa modul rangkaian yaitu modul rangkaian ECG dan modul rangkaian pembalik polaritas.

a. Modul rangkaian ECG

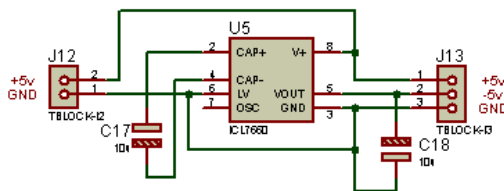
Modul rangkaian ECG terdiri dari beberapa rangkaian yaitu rangkaian instrumen yang digunakan untuk menerima sinyal listrik jantung yaitu dengan menggunakan IC AD 620 AN, rangkaian filter high pass yang digunakan untuk meredam sinyal input dibawah frekuensi cut off dengan , rangkaian filter low pass yang digunakan untuk meredam sinyal input diatas frekuensi cut off, serta rangkaian summing adder yang digunakan untuk mengatur fasa titik nol dari sinyal input. Fungsi dari modul ini adalah untuk mengambil dan menguatkan sinyal listrik otot jantung agar dapat dibaca oleh mikroporsesor. Berikut merupakan rangkaian modul ECG.



Gambar 1 Modul rangkaian ECG

b. Modul rangkaian pembalik polaritas

Rangkaian pembalik fasa menggunakan IC ICL 7660 yang digunakan untuk membalikkan polaritas tegangan. Berikut rangkaian pembalik polaritas.



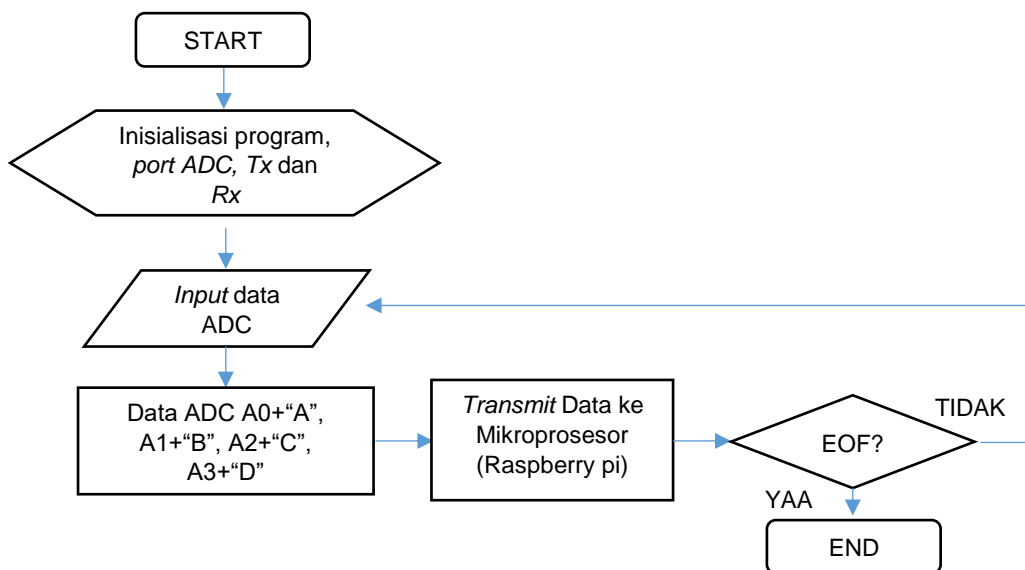
Gambar 2 Modul rangkaian pembalik polaritas

2.2. Perancangan Software

Pada tahap ini dibutuhkan beberapa aplikasi yaitu Arduino IDE yang digunakan untuk memprogram arduino nano, dan QT Creator yang digunakan untuk membuat aplikasi pengolah grafik.

a. Arduino nano

Berikut merupakan blok diagram alir program di arduino nano.



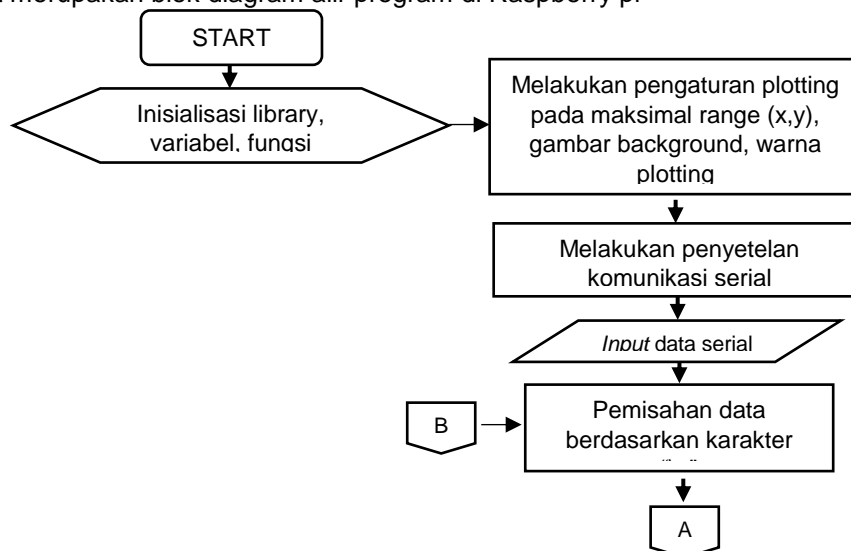
Gambar 3 Diagram alir program arduino nano

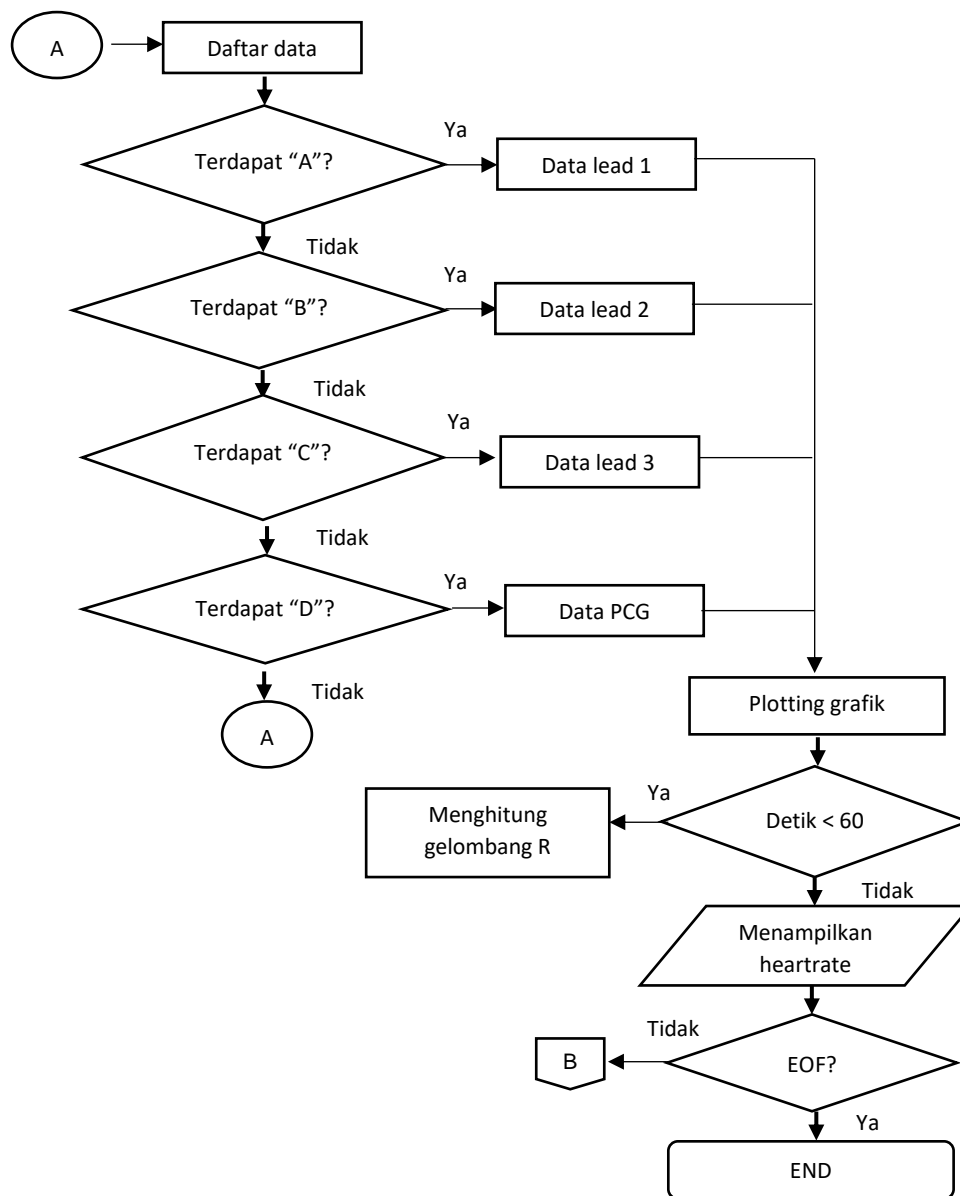
Berdasarkan blok diagram tersebut bahwa proses dimulai dengan start atau mikrokontroler baru menerima tegangan dan menyala. Kemudian proses selanjutnya adalah proses inisialisasi. Proses inisialisasi dimulai dengan inisialisasi variabel pada program, untuk mengenali semua variabel dengan masing-masing tipe data. Selanjutnya program akan melakukan inisialisasi port untuk mengatur port yang akan digunakan sebagai input/output, serta komunikasi serial. Pada port input diatur menjadi input ADC dengan konfigurasi 10 bit. Komunikasi serial menggunakan konfigurasi kecepatan transfer data sebesar 115200 *bit per second* (bps).

Port ADC akan menerima sinyal ECG yang akan dibuffer oleh variabel. Selanjutnya data tersebut dikirim melalui komunikasi serial yaitu menggunakan port TX dan RX dengan konfigurasi data pengiriman (data lead 1 + "A", data lead 2 + "B", data lead 3 + "C", data pcg + "D"). Program akan terus menerus melakukan penerimaan data ADC dan melakukan pengiriman data sampai mikrokontroler mati.

b. Raspberry Pi

Berikut merupakan blok diagram alir program di Raspberry pi





Gambar 4 Diagram alir program raspberry pi

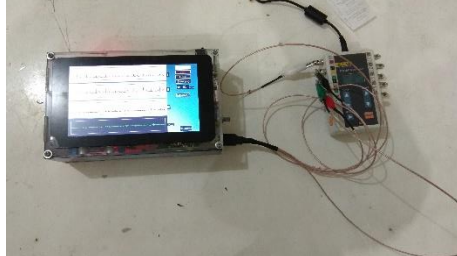
Cara kerja blok diagram yang pertama dilakukan adalah inialisasi program yaitu inialisasi variabel, library yang digunakan, User Interface (UI) yang digunakan, serta port yang digunakan untuk komunikasi serial antara Raspberry pi dengan mikrokontroler, pengambilan file pada resource.

Setelah proses inialisasi telah selesai maka proses selanjutnya adalah menghubungkan Raspberry pi dengan mikrokontroler. Apabila gagal maka proses dihentikan, apabila berhasil maka Raspberry pi akan langsung menerima data dari mikrokontroler.

Data yang diterima oleh Raspberry pi akan langsung dipisahkan menurut karakter yang telah ditambahkan oleh mikrokontroler. Apabila terdapat karakter "A" akan dianggap sebagai data lead I, karakter "B" untuk data lead II, karakter "S" untuk data lead III, dan karakter "D" untuk data PCG. Data yang telah dipisahkan hanya diambil data integernya saja. Kemudian data tersebut diplot di grafik. Proses tersebut diulang-ulang sehingga terbentuk sebuah grafik. Perhitungan heartrate dimulai ketika program mendeteksi gelombang tinggi dan mendeteksi gelombang rendah. Apabila kondisi tersebut terpenuhi maka program akan menghitung banyaknya gelombang R dalam 60 detik. Setelah 60 detik maka hasil perhitungan gelombang R akan ditampilkan sebagai nilai heartrate. Algoritma program tersebut akan diulang secara terus menerus sampai alat dimatikan.

2.3. Pengujian alat dan pengambilan data

Pengujian alat pada penelitian ini menggunakan alat pembanding yaitu alat kalibrator ECG. Dengan cara mengatur sensitivitas sebesar 1mV dan nilai *heartrate* yang diubah-ubah dengan range 60, 80, 100, 120 *Beat Per Minute* (BPM). Selanjutnya adalah menghubungkan modul ECG dengan alat kalibrator ECG sesuai dengan pemasangan *lead standar* (*lead 1, lead 2, lead 3*).



Gambar 5 Pengujian alat dan pengambilan data

Pengambilan data dilakukan secara *realtime* dan menggunakan *file* tersimpan. Pembacaan nilai *heartrate* atau jumlah detak dalam 1 menit akan ditampilkan setiap 1 menit. Setelah stabil pengambilan data dapat dilakukan serta dilakukan penyimpanan *file*. Pengukuran dilakukan sampai 6 kali pada setiap pengaturan nilai *heartrate*. Untuk pengukuran amplitudo dan lebar pulsa menggunakan hasil *print out* dari alat ECG standar sebagai pembanding.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pengukuran nilai *heartrate*

Berikut Tabel hasil pengukuran nilai *heartrate* secara *realtime* dan *file* tersimpan dengan menggunakan alat kalibrator ECG yang diatur nilai *heartrate* pada 60, 80, 100, 120 BPM.

Tabel 1 Hasil pengukuran *heartrate* secara *realtime*

Setting BPM Phantom	Pembacaan <i>heartrate realtime</i>						Mean	Error (%)	Kesalahan Maksimal Yang diizinkan
	1	2	3	4	5	6			
60	60	59	60	60	60	60	59.8	0.28	5%
80	80	80	80	80	80	81	80.2	0.21	5%
100	100	99	100	100	100	100	99.8	0.17	5%
120	120	119	120	120	120	120	119.8	0.14	5%
Final								0.20	5%

Tabel 2 Hasil pengukuran *heartrate* dengan *file* tersimpan

Setting BPM Phantom	Pembacaan <i>heartrate file tersimpan</i>						Mean	Error (%)	Kesalahan Maksimal Yang diizinkan
	1	2	3	4	5	6			
60	60	60	59	58	60	58	59	1.39	5%
80	79	80	79	81	80	78	80	0.63	5%
100	99	99	99	98	99	98	98.67	1.33	5%
120	119	118	119	119	119	118	118.67	1.11	5%
Final								1.11	5%

Pada pengukuran ini menggunakan alat kalibrator ECG sebagai sinyal *input* dengan diatur sensitivitasnya sebesar 1mV dan *heartrate* sebesar 60, 80, 100,120 BPM. Data yang diambil sebanyak 6 kali setiap perubahan nilai *heartrate* yang tertampil pada modul ECG. Pengambilan data diambil setelah sinyal ECG yang tertampil telah stabil sehingga algoritma program dapat menghitung nilai *heartrate* dengan baik. Data yang diambil adalah data secara *realtime* dengan memanfaatkan fitur *screenshot* pada aplikasi. *Screenshot* dilakukan setiap kali algoritma program menghitung ulang nilai *heartrate* yaitu setiap 1 menit.

Pengambilan data kedua dilakukan dengan menyimpan data terlebih dahulu selama 1 menit per *file*. Penyimpanan dilakukan sebanyak 6 kali. Setelah melakukan penyimpanan sebanyak 6 kali selanjutnya adalah membuka kembali *file* satu per satu kemudian hasil yang tertampil dilayar *discreenshot*. Dari hasil *screenshot* data *realtime* dan penyimpanan data selanjutnya dibuat tabel untuk mencari perhitungan rata-rata atau *mean* dan *error* serta untuk membandingkan hasil secara *realtime* dan penyimpanan data. Dari Tabel 4.5 terlihat bahwa data yang diperoleh memiliki *error* sebesar 0.20 % sedangkan Tabel 4.6 memiliki rata-rata sebesar *error* sebesar 1.11

% Nilai *error* tersebut terjadi karena ketidakmampuan algoritma program dalam mendeteksi gelombang R maka akan berdampak pada ketidak sesuaian nilai *heartrate* terhadap alat kalibrator ECG

3.2. Hasil pengukuran amplitudo dan lebar pulsa

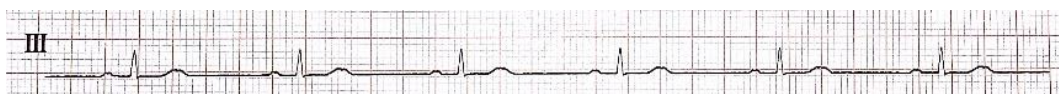
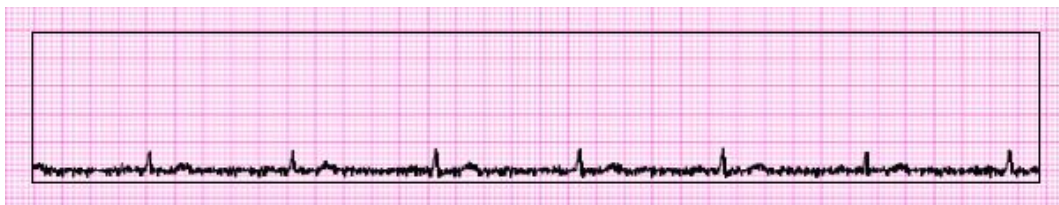
Berikut merupakan hasil pengukuran sinyal ECG pada modul ECG serta perbandingan dengan ECG standar pada *lead I*, *lead II*, dan *lead III*.



Gambar 6 Pengukuran *lead I* pada modul ECG (atas), pengukuran ECG standar (bawah)



Gambar 7 Pengukuran *lead II* pada modul ECG (atas), pengukuran ECG standar (bawah)



Gambar 8 Pengukuran *lead III* pada modul ECG (atas), pengukuran ECG standar (bawah)

Berikut merupakan Tabel hasil pengukuran amplitudo sinyal ECG *lead 1*, *lead 2* dan *lead 3*.

Tabel 3 Hasil pengukuran amplitudo sinyal ECG *lead 1*

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)						Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5	6		
1	Lead I	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.00
2		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.00
3		6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.00
4		6.00	6.00	6.00	6.30	5.90	5.90	6.00	6.02	0.28
5		6.00	6.00	6.20	6.00	5.80	5.80	6.00	5.97	0.56
6		6.00	6.00	6.00	6.00	5.90	5.90	6.00	5.97	0.56
Total Final									5.99	0.23

Tabel 4 Hasil pengukuran amplitudo sinyal ECG lead 2

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)						Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5	6		
1	Lead II	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00
2		10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	0.00
3		10.00	9.80	9.80	9.90	9.90	9.90	9.90	9.87	1.33
4		10.00	9.90	10.00	10.00	9.60	9.90	10.00	9.90	1.00
5		10.00	10.10	10.10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.03	0.33
6		10.00	9.70	9.80	10.00	10.00	9.90	10.00	9.90	1.00
Total Final								9.95	0.61	

Tabel 5 Hasil pengukuran amplitudo sinyal ECG lead 3

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)						Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5	6		
1	Lead III	4.00	3.90	3.90	4.10	4.10	4.10	3.90	4.00	0.00
2		4.00	4.10	4.10	4.10	4.10	4.00	4.00	4.07	1.67
3		4.00	3.90	3.90	3.90	4.00	4.00	4.00	3.95	1.25
4		4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.90	3.98	0.42
5		4.00	4.00	4.00	4.00	3.90	3.90	3.90	3.95	1.25
6		4.00	3.80	3.70	3.90	3.80	3.80	4.00	3.83	4.17
Total Final								3.96	1.46	

Berikut merupakan tabel hasil pengukuran lebar pulsa sinyal ECG lead 1

Tabel 6 Hasil pengukuran lebar pulsa sinyal ECG lead 1

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)					Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5		
1	Lead I	25	25	25	25	25	25	25	0
2		25	25	25	25	25	25	25	0
3		25	25	25	25	25	25	25	0
4		25	25	25	25	25	25	25	0
5		25	25	25	25	25	25	25	0
6		25	25	25	25	25	25	25	0
Total Final							25	0	

Tabel 7 Hasil pengukuran lebar pulsa sinyal ECG lead 2

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)					Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5		
1	Lead II	25	25	25	25	25	25	25	0
2		25	25	25	25	25	25	25	0
3		25	25	25	25	25	25	25	0
4		25	25	25	25	25	25	25	0
5		25	25	25	25	25	25	25	0
6		25	25	25	25	25	25	25	0
Total Final							25	0	

Tabel 8 Hasil pengukuran lebar pulsa sinyal ECG lead 3

No	Lead	Hasil Pembacaan ECG (mm)	Sinyal (mm)					Mean (mm)	Error (%)
			1	2	3	4	5		
1	Lead III	25	25	25	25	25	25	25	0
2		25	25	25	25	25	25	25	0
3		25	25	25	25	25	25	25	0
4		25	25	25	25	25	25	25	0
5		25	25	25	25	25	25	25	0
6		25	25	25	25	25	25	25	0
Total Final							25	0	

Pengukuran pada modul ECG yang dibuat peneliti dilakukan dengan menghubungkan modul ECG dengan alat kalibrator, setelah sinyal ECG yang tertampil pada LCD sudah stabil kemudian dilakukan pengambilan data gambar pada lead 1, lead 2 dan lead 3. Hasil penyimpanan data gambar tersebut kemudian diresize agar sesuai dengan ukuran kertas ECG selanjutnya diprint out. Hasil print outnya diukur amplitudo gelombang R dan jarak antara gelombang R dengan gelombang R dengan menggunakan jangka sorong digital. Hasil pengukuran tersebut dibuat tabel untuk menghitung nilai rata-rata atau mean dan error.

Pada Tabel 4.7 menunjukkan nilai rata-rata final adalah sebesar 5.99 mm dan error sebesar 0,14. Pada Tabel 4.8 menunjukkan nilai rata-rata 9.95 mm dan error sebesar 0.50%. Pada Tabel 4.9 menunjukkan nilai rata-rata 3,96 mm dan error sebesar 0,90%. Pada masing-masing pengukuran amplitudo masih terdapat nilai penyimpangan atau error. Terdapat beberapa hal yang menyebabkan terdapat error diantaranya adalah memungkinkan terjadinya kesalahan pada algoritma program untuk menampilkan grafik sinyal ECG akibat kecepatan pengiriman data yang tinggi, memungkinkan kesalahan pembacaan alat ukur pada saat melakukan pengukuran.

Pada Tabel 4.10, 4.11, dan 4.12 merupakan hasil pengukuran jarak antara gelombang R dengan gelombang R. Pengukuran tersebut menghasilkan hasil yang sama yaitu dengan nilai error yang sama yaitu 0 %. Hal tersebut karena yang mengatur jarak pada grafik adalah algoritma program, sehingga menghasilkan jarak antara gelombang R dengan gelombang R yang relatif stabil.

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian ini yaitu dengan merancang modul, melakukan pengujian modul dan melakukan pengukuran, pengambilan data serta menganalisisnya maka penulis dapat menarik kesimpulan:

1. Dihasilkan rancangan alat *Electrophonocardiograph* Berbasis Raspberry sebagai alat diagnostik dan monitoring kondisi jantung dengan final *error* 0,20 % pada pengukuran *heartrate* secara *realtime* dan 1.11 % pada pengukuran *heartrate* secara *file* tersimpan.
2. Pada pengukuran amplitudo sinyal R perbandingan antara Modul Tugas Akhir dengan alat ECG yang terkalibrasi memiliki final *error* sebesar 0.77 %.
3. Pada pengukuran jarak R ke R perbandingan antara Modul Tugas Akhir dengan alat ECG yang terkalibrasi memiliki final *error* sebesar 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Health World Organization, "The top 10 causes of death," 2015. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index1.html>. [Accessed: 29-Oct-2017].
- [2] Health World Organization, "Cardiovascular diseases (CVDs)," 2017. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>. [Accessed: 27-Oct-2017].
- [3] Saparudin and E. Ramadhan, "Identifikasi Kelainan Jantung Menggunakan Pola Citra Digital Electrocardiogram," *J. Generic*, vol. 5, no. Januari, pp. 25–30, 2010.
- [4] T. Oktavio, "Dasar EKG (Elektrokardiograph)," 2015. [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=sC87Wigkd64&t=605s>. [Accessed: 29-Oct-2017].