

RANCANG BANGUN ALAT ELEKTROKARDIOGRAF LEAD 1 BERBASIS SOUND CARD PADA KOMPUTER

Fitri Rohmaisa, Endah Rahmawati, Imam Suchayo

Jurusan Fisika, FMIPA, UNESA, email : fitriisa649@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kecepatan detak jantung per menit menggunakan sadapan bipolar lead 1. Data sadapan kemudian diproses oleh *soundcard internal* pada komputer hingga menghasilkan gelombang PQRST dan diperoleh data detak jantung per menit. Penelitian ini dilakukan dengan cara menempelkan elektroda pada kedua lengan tangan dan kaki kanan. Kemudian sinyal biopotensial tersebut dihubungkan dengan penguat instrumentasi AD620 dengan penguatan total sebesar 1000 kali yang selanjutnya akan melewati rangkaian filter yaitu *high pass* sebesar 0,03 Hz dan *notch filter* 50 Hz. Setelah melalui proses penguatan, sinyal analog tersebut akan diolah oleh *soundcard internal* komputer yang berfungsi sebagai *Analog Digital Converter* (ADC) yang kemudian akan ditampilkan menggunakan *software soundcard scope* dan *EKG-Monitor.jar*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa jumlah *beat per minute* (bpm) dari kedua *software* menunjukkan nilai yang hampir sama, baik dalam keadaan rileks, setelah beraktivitas, maupun ± 10 menit setelah beraktivitas. Hal ini dikarenakan kedua *software* mempunyai fungsi yang sama yaitu menangkap sinyal dan menampilkannya dalam grafik gelombang, sehingga sinyal yang telah dikonversi oleh ADC *soundcard* bisa diterima oleh kedua *software* dengan baik. Interval waktu dari setiap gelombang PQRST yang dihasilkan oleh *software* sesuai dengan karakteristik sinyal dari EKG normal dan dari hasil uji dapat disimpulkan bahwa dari ketujuh sampel mempunyai detak jantung yang normal atau bisa dikatakan mereka dalam keadaan sehat.

Kata kunci : detak jantung, ECG, *soundcard*, filter

Abstract

This research aims to determine the heart rate per minute using bipolar leads 1. The data is then processed by an internal soundcard on the computer to produce a PQRST wave and the data obtained heartbeats per minute. This research was conducted by placing electrodes on both arms and right leg. Then bio-potential signal is connected to instrumentation amplifier AD620 with a total of 1000 times the strengthening then be passed through a 0.03 Hz high pass filter and 50 Hz notch filter circuit. After going through amplifying process, the analog signal will be processed by the computer's internal soundcard that serves as Analog Digital Converter (ADC) which will then be displayed using the soundcard scope and EKG-Monitor.jar software. The result of beats per minute (bpm) both of the softwares showed almost similar, either in a relaxed state, after activity, and ± 10 minutes after activity. This is because the software has the same function that captures the signal and displays it in a graph of wave, so the signal that has been converted by the ADC soundcard can be accepted by both the software properly. The time's interval of each PQRST waves generated by the software according to the signal characteristics of normal ECG and the results of the test can be concluded that the seven samples have normal heart rhythms or to say they are in a good health.

Keywords: heartbeat, ECG, *soundcard*, filter

PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu sumber energi yang sering dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan arah rambatnya arus listrik digolongkan menjadi dua jenis yaitu *alternating current* (AC) dan *directing current* (DC). Kajian yang akan dibahas dalam makalah ini bukanlah mengenai listrik yang sering kita gunakan sebagai sumber tegangan dalam praktikum, tetapi listrik yang mengalir dalam tubuh akibat dari aktivitas sel-sel jantung (biolistrik).

Biolistrik adalah peristiwa yang bersangkutan dengan kelistrikan yang dihasilkan oleh tubuh, yaitu yang berkaitan dengan muatan-muatan, ion-ion, dan medan listrik yang dihasilkan oleh muatan dan ion serta tegangan yang dibangkitkannya (Saragih, 2008).

Tegangan yang dihasilkan oleh sel-sel otot jantung disebut dengan potensial aksi yang akan mengalir ke seluruh tubuh dan bernilai konstan jika tidak ada perlakuan internal maupun eksternal, seperti gangguan atau rangsangan. Perubahan nilai tegangan inilah yang akan menghasilkan pulsa tegangan (*voltage pulses*) yang menunjukkan aktivitas dari sel-sel otot jantung. Adapun besarnya pulsa tegangan yang dihasilkan oleh aktivitas sel-sel otot jantung tersebut dapat diketahui dengan menggunakan alat *electrocardiograf* (ECG).

Elektrokardiograf merupakan alat yang dapat menampilkan grafik sinyal yang menunjukkan proses terjadinya detak jantung. Dari sinyal tersebut dapat diketahui apakah kecepatan denyut jantung seseorang normal atau tidak yaitu sekitar 60-100 bpm (Salem, 2013). Sampai saat ini alat elektrokardiograf hanya

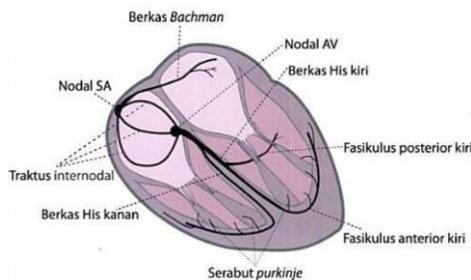
terdapat di rumah sakit tertentu an membutuhkan biaya yang relatif mahal. Oleh karena itu, para peneliti mencoba untuk membuat alat monitoring detak jantung berbasis *Personal Computer* (Awuri, 2006; Anwar, 2009; Klaper, 2006) dengan biaya yang terjangkau tapi dengan hasil yang optimal sehingga dapat digunakan sebagai informasi atau peringatan dini atas gejala-gejala kesehatan yang terdapat didalam tubuh. Penggunaan PC pada penelitian ini dilakukan karena hampir semua orang mempunyai komputer/laptop.

Berdasarkan keadaan diatas, dirancanglah suatu alat elektrokardiograf dengan sadapan 1 menggunakan rangkaian penguat instrumentasi dimana sinyal biopotensial bisa ditampilkan lewat komputer. Cara pengoperasian EKG yang dirancang sangatlah mudah yaitu menghubungkan elektroda yang diletakkan dipermukaan tubuh dengan rangkaian penguat biopotensial, kemudian output dari rangkaian penguat dihubungkan ke komputer melalui *microphone port*. Dengan memanfaatkan *soundcard* yang terdapat pada komputer, kita tidak perlu lagi merubah sinyal analog menjadi sinyal digital sehingga kita bisa mengetahui berapa kecepatan denyut jantung seseorang dari banyaknya gelombang sinyal yang dihasilkan.

TEORI DASAR

A. Kelistrikan Jantung

Jantung merupakan organ vital yang berfungsi memompa darah dari dan ke seluruh tubuh. Jantung dilapisi membran yang terdiri dari atrium kiri dan kanan dan ventrikel kiri dan kanan. Pada sudut kanan atas atrium kanan terdapat nodus sinoatrial yaitu sekumpulan sel yang disebut sebagai sel pacemaker atau sel yang dapat menghasilkan impuls listrik dan berfungsi untuk mengatur ritme jantung 60-100 bpm. Oleh karena itu jantung disebut juga sebagai sistem elektromekanikal dimana sinyal untuk kontraksi otot jantung timbul akibat dari penyebaran arus listrik disepanjang otot jantung.



Gambar 1 Anatomi-fisiologi sistem konduksi jantung (Jatmiko dkk, 2013)

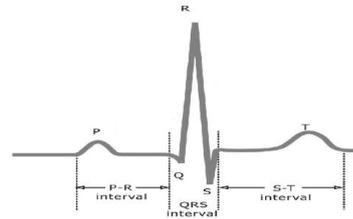
Adapun beberapa hukum fisika yang berkaitan dengan peristiwa biolistrik yaitu hukum ohm dimana arus yang melewati suatu konduktor akan menghasilkan beda potensial dan hukum joule yaitu arus yang melewati suatu konduktor dengan beda potensial dan selang waktu

tertentu akan menghasilkan panas., sehingga kelistrikan jantung bisa direkam dan suhu manusia selalu hangat.

B. Elektrokardiograf

Elektrokardiograf merupakan alat yang digunakan untuk merekam aktivitas jantung dan mengetahui apakah jantung bekerja dengan normal atau tidak. Frekuensi denyut jantung normal per menit pada keadaan stabil adalah 60-100 bpm (Yogaswara dan Weni, 2010).

Hasil dari perekaman denyut jantung oleh elektrokardiograf akan diperoleh gelombang sebagai berikut :



Gambar 2 Bentuk gelombang listrik jantung (Hanapi,2011)

Adapun dari gelombang PQRST yang dihasilkan dapat diketahui jumlah bpm dengan rumus:

$$BPM = \frac{60}{R - R} \tag{1}$$

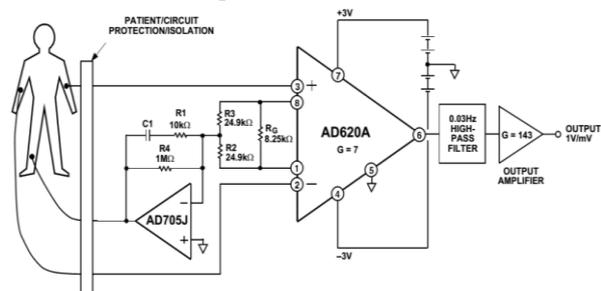
Untuk gelombang EKG normal harus memiliki ciri-ciri seperti berikut (Setyaningsih dkk, 2013).

Tabel 1 Interval gelombang PQRST

Gelombang EKG	Amplitudo (mV)	Interval EKG	Durasi (sekon)
P	< 0,3	P-R	0,12 - 0,20
R	1,6 – 3	Q-T	0,35 - 0,44
Q	25% dari R	S-T	0,05 - 0,15
T	0,1 – 0,5	Q-R-S	0,06 - 0,10

C. Penguat Instrumentasi A620

AD620 merupakan IC yang sering digunakan sebagai komponen penguat pada instrumentasi medis yang berfungsi untuk memperkuat sinyal dari aktivitas jantung, karena amplitudo sinyal dari jantung sangat lemah yaitu rata-rata 1 mV (Hanapi, 2011).



Gambar 3 Rangkaian ECG medis (Datasheet AD620)

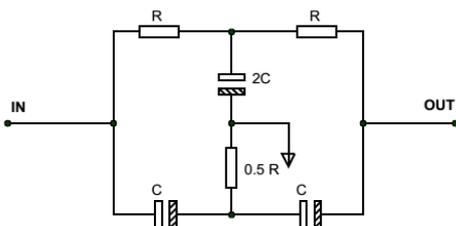
Kelebihan komponen ini adalah tidak rentan terhadap noise, butuh daya yang rendah, dan penguatannya bisa diatur hanya dengan menggunakan satu resistor seperti berikut.

$$G = \left(1 + \frac{49,4}{R_{gain}}\right) \quad (2)$$

D. Notch Filter 50 Hz

Notch filter merupakan rangkaian yang berfungsi untuk meredam sinyal dengan befrekuensi 50 Hz yang berasal dari sumber tegangan AC. Frekuensi notch filter bisa diatur dengan mengubah nilai resistor dan kapasitor, dengan rumus sebagai berikut:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$



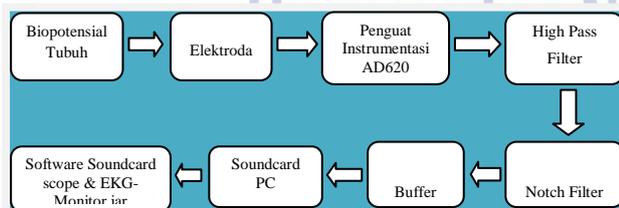
Gambar 4 Rangkaian notch filter 50 hz

E. Soundcard

Soundcard merupakan interface yang ada pada komputer/laptop yang bisa difungsikan sebagai Analog Digital Converter (ADC), sehingga data yang awalnya berupa tegangan bisa di visualisasikan melalui aplikasi pada komputer. Beberapa software yang digunakan untuk merekam detak jantung antara lain adalah soundcard scope yaitu osiloskop digital yang diinstal pada komputer dan EKG-Monitor.jar yang dipublikasikan oleh majalah elektor.

METODE

Penelitian skripsi ini merupakan penelitian eksperimen karena merancang dan merangkai alat yang digunakan untuk memonitoring detak jantung. Berikut adalah diagram blok dari alur penelitian yang dilakukan.

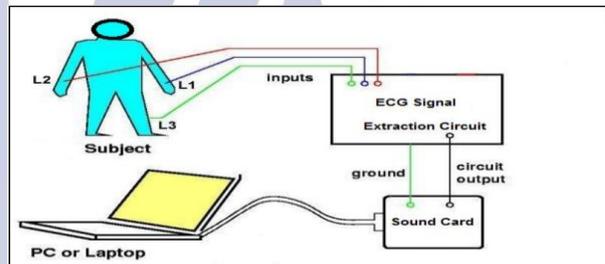


Gambar 5 Diagram blok sistem

Terdapat tiga variabel operasional penelitian, yaitu variabel kontrol, variabel manipulasi, dan variabel respon. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah jenis elektroda (*disposable*), letak sadapan 1, sumber arus DC dari baterai 9V dan AC dari laptop yang sedang *dicharger*. Variabel manipulasi yaitu sampel uji dari manusia sehat dan berada dalam tiga kondisi yaitu sedang rileks, setelah

beraktivitas, dan ± 10 menit setelah beraktivitas. Variabel respons dalam penelitian ini berupa jumlah detak jantung dalam *beat per minute* (bpm) dan grafik detak jantung antara beda potensial (V) dan waktu (s).

Data penelitian skripsi ini dapat diperoleh dengan cara memasang elektroda dengan sistem sadapan 1. Setelah melewati rangkaian penguat, sinyal kemudian diproses oleh soundcard komputer dan direkam dengan dua software yaitu soundcard scope dimana data yang diperoleh berupa grafik sehingga didapatkan data interval sinyal QRS, S-T, dan R-R yang mempresentasikan waktu berlangsungnya aktivitas jantung, satu sinyal tersebut melambangkan terjadinya satu detak jantung. Kemudian dari EKG-Monitor.jar didapatkan jumlah detak jantung dalam *beat per menit* (bpm). Waktu yang dibutuhkan untuk perekaman pada masing-masing obyek adalah ± 5 menit dengan melihat terlebih dahulu apakah saat sinyal muncul bersamaan dengan detakan jantung obyek, jika sudah sesuai maka proses perekaman akan dimulai. Berikut merupakan gambar proses pengambilan data.



Gambar 6 Cara pengambilan data (Salem, 2013)

Data penelitian yang diperoleh kemudian akan diolah dengan cara perbandingan, yaitu setiap interval gelombang QRS dan S-T yang didapatkan dari masing-masing obyek akan dibandingkan dengan tabel 2.3 untuk mengetahui apakah sinyal yang didapatkan sesuai dengan ketentuan sinyal EKG normal atau tidak. Selain itu jumlah bpm yang diperoleh dari perhitungan jumlah puncak gelombang R dalam satu menit dari soundcard scope akan dibandingkan dengan jumlah *beat* yang didapatkan dari software EKG-Monitor.jar untuk membuktikan bahwa dari dua software tersebut menghasilkan bpm yang sama. Sehingga dapat dinyatakan apakah jantung orang tersebut dalam kondisi normal atau tidak yaitu 60-100 bpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

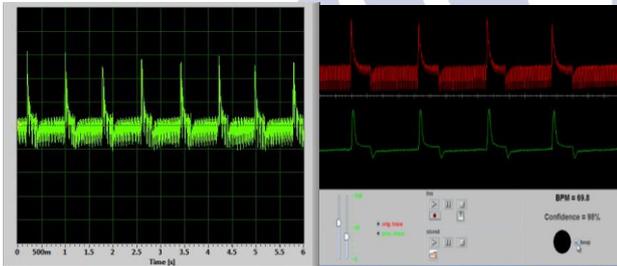
• Hasil

Penelitian ini menggunakan 7 orang sebagai sampel uji yang terdiri dari 5 laki-laki dan 2 perempuan yang berusia antara 21-23 tahun dalam 3 kondisi yang berbeda yaitu kondisi rileks, setelah beraktivitas, dan kurang lebih 10 menit setelah beraktivitas. Dengan data fisik sebagai berikut :

Tabel 2 Data fisik sampel penelitian

No.	Nama Sampel	Jenis Kelamin	Usia (th)	Tinggi badan (cm)	Berat badan (kg)
1	A	Laki-Laki	23	175	59
2	B	Laki-Laki	23	160	46
3	C	Perempuan	21	150	47
4	D	Perempuan	21	150	45
5	E	Laki-Laki	22	172	86
6	F	Laki-Laki	22	170	50
7	G	Laki-Laki	21	160	75

Dengan menggunakan software soundcard scope akan diperoleh hasil berupa gambar dan data dalam format excel dan bisa diketahui interval gelombang QRS, ST, dan RR serta bpm yang diperoleh dengan menggunakan rumus 1, sedangkan dari EKG-Monitor diperoleh jumlah bpm yang berfluktuatif dengan rentang maksimum 36,8 bpm. Berikut contoh gelombang yang dihasilkan oleh soundcard scope dan EKG-Monitor.jar.



Gambar 7 Tampilan soundcard scope (kiri) dan EKG-Monitor.jar (kanan)

➤ **Keadaan rileks**

Proses perekaman jantung dilakukan saat pasien benar-benar sedang tidak beraktivitas atau sedang santai.

Tabel 3 Hasil data dalam kondisi rileks

No.	Nama	BPM		Waktu (s)		
		scope	EKG monitor	S-T	QRS	R-R
1	A	74,26	69,4 - 82,9	0,15	0,10	0,80
2	B	75,00	65,5 - 73,1	0,15	0,05	0,80
3	C	78,95	71,8 - 93,2	0,15	0,05	0,80
4	D	77,92	71,6 - 80,9	0,15	0,10	0,80
5	E	82,35	71,5 - 83,6	0,15	0,05	0,75
6	F	92,31	78,8 - 95,3	0,15	0,05	0,6
7	G	78,5	72,8 - 86,7	0,15	0,05	0,75

➤ **Keadaan setelah beraktivitas**

Aktivitas yang dimaksud disini adalah pasien berlari di koridor dalam waktu 5-10 menit, setelah dilakukan perekaman detak jantung.

Tabel 4 Hasil data setelah beraktivitas

No.	Nama	BPM		Waktu (s)		
		Scope	EKG monitor	S-T	QRS	R-R
1	A	88,24	85,7 - 107,3	0,15	0,05	0,60
2	B	95,24	74,3 - 111,1	0,10	0,10	0,55
3	C	81,08	77,0 - 88,0	0,10	0,05	0,70
4	D	93,75	81,7 - 99,9	0,10	0,10	0,60
5	E	77,78	73,2 - 90,1	0,15	0,05	0,8
6	F	229,09	102,8 - 138,7	0,1	0,05	0,35
7	G	88,07	77,6 - 90,2	0,15	0,1	0,5

➤ **Keadaan ±10 menit setelah beraktivitas**

Setelah beraktivitas sampel kemudian beristirahat sebentar kurang lebih selama 10 menit, kemudian dilakukan tes perekaman dengan kembali.

Tabel 5 Hasil data ±10 menit setelah beraktivitas

No.	Nama	BPM		Waktu (s)		
		Scope	EKG monitor	S-T	QRS	R-R
1	A	75,00	79,1 - 93,7	0,15	0,05	0,70
2	B	74,07	69,6 - 96,4	0,15	0,10	0,80
3	C	73,17	69,5 - 82,7	0,15	0,10	0,80
4	D	78,95	77,1 - 91,6	0,15	0,10	0,75
5	E	126,32	108,5-130,6	0,1	0,05	0,4
6	F	78,5	75,0 - 86,9	0,2	0,05	0,8
7	G	69,23	76,2 - 87,5	0,2	0,05	0,85

• **Pembahasan**

Pada penelitian ini digunakan dua software dengan pertimbangan dari software soundcard scope bisa didapatkan interval gelombang PQRST dan jumlah bpm menggunakan perhitungan matematis, sedangkan dengan EKG-Monitor.jar bisa diketahui jumlah bpm secara langsung tetapi tidak bisa memperlihatkan interval gelombang PQRST.

➤ **Keadaan rileks**

Berdasarkan hasil yang didapat dari kedua *software*, keduanya menunjukkan nilai bpm yang hampir sama kecuali pada data B dengan selisih 1,9 - 9,5 bpm. Ketidaksamaan nilai ini diakibatkan pada saat proses pengambilan data, yakni *software soundcard scope* merekam bpm terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecekan pada EKG-Monitor apakah sinyal yang muncul sudah sesuai dengan detakan jantung atau belum yang mana nilai bpm cenderung berubah-ubah dan tidak stabil pada awal perekaman, sehingga menyebabkan data yang diperoleh mempunyai perbedaan yang cukup jauh.

Berdasarkan interval gelombang QRS dan ST yang dihasilkan oleh alat dan dibandingkan dengan tabel 2.3

dapat dikatakan bahwa sinyal yang dihasilkan oleh rancangan alat hampir sesuai dengan sinyal dari ECG medis karena interval dari gelombang yang dihasilkan masih berada dalam batas EKG normal, yakni pada gelombang QRS dari alat bernilai 0,05s-0,1s sedangkan pada tabel EKG sebesar 0,06s-0,1s. Pada gelombang ST pada alat dihasilkan interval sebesar 0,15s pada masing-masing gelombang, sedangkan pada tabel EKG adalah 0,05s-0,15s. Hal ini dikarenakan interval yang diatur pada grafik menggunakan skala 0,05s, sehingga nilai yang dihasilkan kurang sesuai. Selain itu denyut jantung yang dihasilkan oleh masing-masing sampel menunjukkan bpm yang normal. Hal itu menunjukkan bahwa kinerja jantung masing-masing pasien dalam keadaan rileks bekerja dengan baik.

➤ Keadaan setelah beraktivitas

Dari hasil bpm yang diperoleh dari alat saat beraktivitas menunjukkan bahwa saat berolahraga atau melakukan aktivitas jantung berdetak lebih cepat dari keadaan rileks, hal ini dikarenakan saat beraktivitas atau berolahraga tubuh membutuhkan lebih banyak oksigen dan jantung bekerja lebih cepat untuk memompa darah ke otot-otot tubuh sehingga denyut nadi juga semakin cepat. Adapun interval gelombang QRS yang ditampilkan oleh *software* bernilai 0,05s-0,10s dan gelombang ST bernilai 0,10s-0,15s. Dari interval gelombang tersebut bisa dianggap hasilnya sesuai dengan interval EKG normal.

Beberapa data yang didapat pada kondisi ini dianggap kurang valid yaitu pada sampel E dimana bpm yang dihasilkan saat berolahraga ternyata lebih kecil daripada bpm saat kondisi rileks, hal ini bisa disebabkan oleh denyut jantung yang terlampaui cepat dan tidak stabil sehingga ADC pada *soundcard* tidak bisa mengkonversi sinyal dengan baik. Selain itu data dari sampel F juga didapatkan jumlah beat yang lebih dari batas maksimumnya yaitu <220 bpm. Hal ini bisa disebabkan oleh kabel *grounding* untuk sinyal referensi tidak terpasang dengan benar sehingga banyak sinyal *common mode* yang ikut berinterferensi.

➤ Keadaan ±10 menit setelah beraktivitas

Setelah kurang lebih 10 menit istirahat setelah beraktivitas kinerja jantung akan kembali seperti semula, hal ini bisa dilihat dari data bpm yang dihasilkan oleh alat ECG pada tabel 4. Jumlah bpm yang dihasilkan oleh kedua *software* adalah sesuai kecuali pada data 1, bpm yang terekam oleh *soundcard scope* lebih kecil dari bpm yang dihasilkan oleh EKG-Monitor dengan selisih 4,1-18,7 bpm. Adapun interval sinyal yang dihasilkan masih berada dalam rentang EKG normal yakni gelombang QRS sebesar 0,05s-0,10s dan gelombang ST sebesar 0,15s.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa fisika bukan hanya ilmu yang membahas tentang benda mati tetapi juga tentang benda hidup, seperti kelistrikan yang terdapat pada tubuh manusia yang mengakibatkan terjadinya kontraksi pada jantung sehingga darah yang terdapat di jantung bisa dipompa keseluruh tubuh. Kajian fisika yang berkaitan diantaranya adalah hukum ohm dan hukum joule. Untuk memonitoring aktivitas kelistrikan jantung digunakan alat elektrokardiograf yang dirancang menggunakan rangkaian penguat instrumentasi AD620, *high pass filter*, *notch filter*, dan *buffer* serta sensor elektroda dengan *interface soundcard* pada laptop. Dari sinyal output yang dihasilkan, dapat diketahui bahwa karakteristik detak jantung dari 7 sampel yang telah diuji adalah termasuk denyut jantung yang normal dilihat dari interval gelombang PQRS yang dihasilkan sehingga sinyal output dari alat yang dirancang sudah memenuhi ketentuan dari gelombang EKG yang digunakan pada bidang medis. Kekurangan dari alat EKG ini adalah belum bisa mendeteksi beat yang tidak teratur atau terlalu cepat.

SARAN

Alat elektrokardiograf yang dirancang ini belum sempurna karena belum bisa mendeteksi gelombang P dan masih banyak *noise* yang muncul pada gelombang, oleh karena itu lebih baik ditambahkan lagi rangkaian *low pass filter* yang sesuai agar sinyal yang dihasilkan lebih baik. *Software* yang digunakan harus dikembangkan lagi agar bisa mendeteksi irama jantung yang cepat dan bisa menentukan interval antar gelombang sekaligus menampilkan jumlah beat per menit (bpm) secara langsung tanpa proses perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S. 2009. *Rancang bangun elektrokardiograph berbasis personal computer (PC)*. Elektron, Vol.1. No. 4.
- Awuri, V. 2005. *Rancang bangun alat pendeteksi detak jantung berbasis PC dengan interface PASCO 750*. Jurnal Skripsi. Fisika Unesa. Tidak dipublikasikan.
- Datasheet Analog Device. 2003-2011. *Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier AD620*. www.analog.com.
- Hanapi, G. 2011. *Alat untuk memperagakan irama denyut jantung sebagai bunyi dan pengukur kecepatan jantung melalui elektroda paa telapak tangan*. Electrical engineering journal, Vol. 2, No.1.
- Jatmiko, Wisnu dkk. 2013. *Teknis Biomedis Teori dan Aplikasi*. Fakultas Ilmu Komputer Unisversitas Indonesia.
- Klaper, M. 2008. *ECG using souncard*. Elector-2006.

- Salem, N. 2013. *ECG Signal Extraction and Software Implementation of an Electrocardiogram System Using MatLab*. Department of Electrical and Computer Engineering. College of Engineering.
- Saragih, H. 2008. *Applied Physics Science*. Course Outline. BAB 4.
- Setyaningsih, Eka dkk. 2012. *Rancang Bangun Kalibrator Eksternal Elektrokardiograf 3 Leads Berbasis Atmega8535*. ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro.
- Yogaswara, Kevin. dan Meitantia Weni S.B. 2010. *Heartbeat Detector Dan Ecg Monitoring Menggunakan Interfacing Soundcard*. Undergraduate Thesis, Electrical Engineering.

