

Desain dan Implementasi Elektrokardiogram (EKG) *Portable* Menggunakan Arduino

Rudi Uswarman

Teknik Elektro Intitut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan
Jl. Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Jati Agung, Lampung Selatan 35365
uswarman@itera.ac.id

Intisari--- Elektrokardiogram (EKG) merupakan pendeteksian aktivitas sinyal denyut jantung, sinyal tersebut ditampilkan di monitor atau grafik di kertas. Penelitian yang dilakukan yakni mendesain dan mengimplementasikan alat EKG portable dengan menggunakan Arduino. Sinyal dihasilkan dari EKG portable ialah sinyal denyut jantung yakni P, Q, R, S, dan T dan ditampilkan secara real time pada PC dengan software LabVIEW. Perancangan EKG portable dibagi menjadi dua tahap, tahap pertama ialah merancang penguat dan filter yang terdiri dari penguat awal, band pass filter, low pass filter, penguat kedua, dan penguat penjumlah. Tahap kedua ialah merancang perangkat lunak, yang terdiri dari memprogram Arduino, merancang block diagram LabVIEW, dan merancang front panel LabVIEW. Rancangan penguat, filter, dan perangkat lunak yang telah dibuat, selanjutnya di uji untuk mendeteksi sinyal EKG dengan menggunakan 3 sensor elektroda. Sensor tersebut dipasang menggunakan aturan Einthoven dengan sadapan bipolar lead 2. Pada penelitian, EKG portable dapat mendeteksi sinyal EKG yang terdiri dari P,Q,R,S, dan T secara real time pada PC. Sinyal EKG masih terdapat noise yang sangat kecil sehingga masih dapat ditoleransi.

Kata kunci--- elektroardiogram (EKG), filter, penguat, Einthoven.

Abstract--- An electrocardiogram (ECG) is a heart rate signal activity detection, the signals are displayed on a monitor or graph paper. Research carried out the design and implementation of portable EKG using Arduino. The signal generated from portable ECG heart rate signal is the P, Q, R, S, and T and displayed in real time on a PC with LabVIEW software. The design of portable EKG is divided into two stages, the first stage is to design an amplifier and filter consisting of the initial amplifier, band pass filter, low pass filter, a second amplifier, and a summing amplifier. The second phase is to design the software, which consists of an Arduino programming, designing LabVIEW block diagram, and designing LabVIEW front panel. The design of the amplifier, filters, and software that has been made, then tested to detect ECG signals using three sensor electrodes. The sensor is mounted using rules Einthoven with bipolar leads are leads 2. In the study, a portable ECG can detect ECG signals consisting of P, Q, R, S, and T in real time on a PC. ECG signal there is still a very small noise that can be tolerated.

Keywords--- electrocardiogram (ECG), filter, amplifier, Einthoven.

I. PENDAHULUAN

Elektrokardiogram merupakan tes medis untuk mendeteksi sinyal aktivitas listrik yang dihasilkan oleh jantung dengan keluaran sinyal di monitor atau grafik di atas kertas. Pengukuran menggunakan EKG pada prinsipnya mengukur sinyal listrik dari kulit tubuh. Sinyal listrik ini berasal dari aliran darah yang dipompa jantung. Perangkat untuk mencatat sinyal elektrokardiogram yang terekam disebut elektrokardiograf. Saat ini alat elektrokardiograf yang digunakan pada peralatan medis berharga mahal.

Beberapa peneliti telah melakukan riset terkait EKG untuk membuat *device* elektrokardiograf. Penelitian rancang bangun EKG untuk menganalisis HRV (*Heart Rate Variability*) menjelaskan membuat alat EKG dengan menggunakan NI DAQ 6009^[1]. Penelitian tersebut berhasil membuat EKG *portable* dan dapat menampilkan sinyal EKG secara *real time*. Namun, alat tersebut secara ekonomis tergolong mahal karena harga NI DAQ 6009 yang tidak murah. Beberapa penelitian lain juga telah melakukan riset untuk membuat EKG *portable* menggunakan mikrokontroler ATmega dan menampilkan sinyal EKG pada LCD secara *real time*^[2,3]. Namun kelemahannya ialah sinyal yang dibaca pada LCD tersebut terlalu banyak *noise* sehingga sinyalnya tidak dapat dibaca dengan baik. *Noise* tersebut dapat disebabkan beberapa hal, diantaranya filter yang dibuat belum dapat meredam *noise*, kualitas kabel EKG kurang baik, dan rangkaian PCB serta solderannya terdapat *short*.

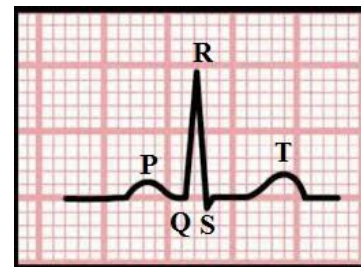
Dalam mendesain dan membuat alat EKG harus melakukan perhitungan filter dengan tepat dan membuat rangkaian filter di PCB dengan rapi. Hal tersebut perlu dilakukan karena sinyal EKG memiliki amplitudo yang sangat kecil yakni berkisar mili volt. Pada

penelitian yang dilakukan mendesain dan membuat EKG *portable* menggunakan Arduino dengan biaya yang relatif terjangkau. Sinyal EKG ditampilkan secara *real time* di komputer dengan menggunakan *software* LabVIEW.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. EKG

Denyut jantung memiliki bentuk gelombang seperti pada Gambar 1, pada gambar tersebut terdapat sinyal gelombang sinyal P, Q, R, S, dan T.



Gbr 1. Gelombang P,Q,R,S,T

Gelombang P,Q,R,S, dan T memiliki parameter sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter Elektrokardiogram

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

Pada penelitian menggunakan sadapan bipolar, sadapan bipolar dibedakan menjadi 3 lead.

- 1) Lead I : merekam beda potensial antara tangan kanan (RA) yang bermuatan negatif dengan tangan kiri (LA) yang bermuatan positif.
- 2) Lead II : merekam beda potensial antara tangan kanan (RA) yang bermuatan negatif dengan kaki kiri (LL) yang bermuatan positif.
- 3) Lead III : merekam beda potensial antara tangan kiri (LA) yang bermuatan negatif dengan kaki kiri (LL) yang bermuatan positif.

B. Sensor

Sensor yang digunakan untuk mendeteksi *heart rate variability* menggunakan elektroda Ag/AgCl. Elektroda berfungsi mengkonversi sinyal biologis menjadi sinyal elektrik yang dapat diukur. Untuk menghindari ketidaktepatan dalam pengukuran karena pergerakan tubuh pasien yang menyebabkan kontak elektroda dengan kulit bergoyang, permukaan elektroda dilapisi spons. Untuk meningkatkan sensitivitas, spons diberi *jelly* elektrode. Selain bertujuan untuk menghindari *noise* akibat pergerakan, spons juga berfungsi untuk menghindari alergi akibat adanya kontak langsung elektrode dengan kulit.



Gbr 2. Sensor Elektroda

C. Arduino Uno

Arduino Uno menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Papan ini mempunyai 14 pin input/output digital (enam diantaranya dapat digunakan untuk output PWM), enam buah input analog, 16 MHz crystal oscillator, sambungan USB, ICSP

header, dan tombol reset. Hampir semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler sudah tersedia, penggunaannya cukup dengan menghubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan memberikan daya menggunakan adapter AC ke DC atau dengan baterai.



Gbr 3. Arduino Uno

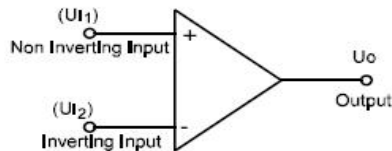
Arduino UNO ini memiliki perbedaan dengan papan-papan Arduino yang lain, dimana pada versi-versi Arduino sebelumnya digunakan chip FTDI USB-to-serial, namun pada Arduino UNO digunakan ATmega8U2 yang diprogram sebagai converter USB-to-serial.

D. Penguat Operasional

Penguat operasional merupakan komponen yang paling dasar dalam sistem analog. Istilah penguat operasional pertama kali digunakan untuk penguat DC yang membentuk operasi matematika seperti penjumlahan, pengurangan, integrasi, dan diferensiasi dalam komputer analog. Di samping itu Op Amp digunakan dalam pengaturan tegangan, filter aktif, instrumentasi, pengubah analog ke digital dan digital ke analog.

Namun penguat operasional pada kenyataannya tidak ideal. Perolehan tegangan frekuensi rendah tidak 'tak terhingga' tetapi 'sangat tinggi'. Lebar pita bernilai konstan sampai beberapa ratus kilo

hertz dan kemudian turun dengan naiknya frekuensi. Impedansi masukan berada dalam $150\text{ k}\Omega$ sampai beberapa ratus $\text{M}\Omega$. Impedansi keluaran dari Op Amp berada di antara $0,75$ sampai $100\text{ }\Omega$.



Gbr 4. Simbol Op Amp

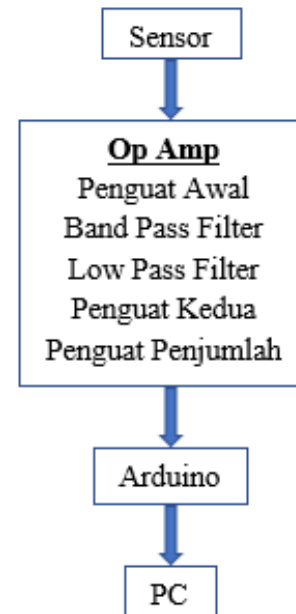
Gbr 4 adalah simbol penguat operasional. Op Amp memiliki masukan non-pemalik dan pemalik dan keluaran ujung tunggal.

III. PERANCANGAN SISTEM

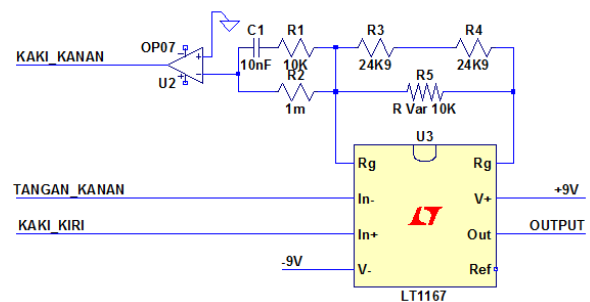
Sistem alat EKG yang akan dirancang dapat dilihat pada Gbr 5 yakni Blok Sistem EKG. Pada perancangan sistem terdiri dari 2 tahap yakni tahap pertama perancangan rangkaian penguat dan filter kemudian tahap kedua perancangan perangkat lunak. Pada tahap pertama membuat rangkaian terdiri dari penguat awal, *band pass filter*, *low pass filter*, penguat kedua, dan penguat penjumlah. Tahap pertama ini berdasarkan referensi pada penelitian sebelumnya^[1].

A. Perancangan Penguat dan Filter

Pertama merancang penguat awal menggunakan IC LT1167 dengan *gain* sebesar 14,6 kali. IC LT1167 merupakan IC keluaran perusahaan *Linear Technology* yang dapat digunakan untuk *medical instrumentation* dengan nilai *gain* 1 hingga 10.000. Rangkaian penguat awal ditunjukkan pada Gbr 6.

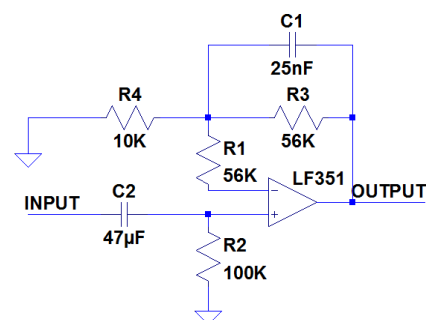


Gbr 5. Blok Sistem



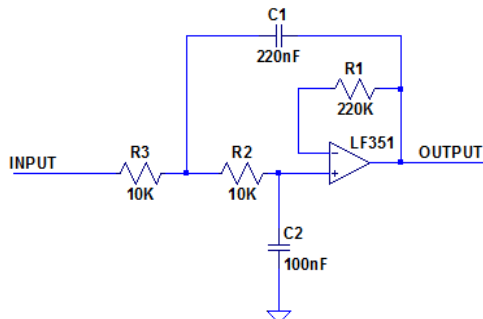
Gbr 6. Penguat Awal

Kedua merancang *band pass filter* menggunakan orde 1 dengan frekuensi sinyal yang diloloskan diantara $0,03\text{ Hz}$ hingga 114 Hz . Rangkaian BPF dapat dilihat pada Gbr 7.



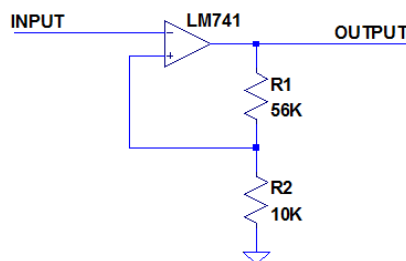
Gbr 7. BPF

Ketiga merancang *low pass filter* dengan frekuensi *cut off* 106 Hz dengan menggunakan IC LF351. LPF menggunakan orde dua *butterworth*.



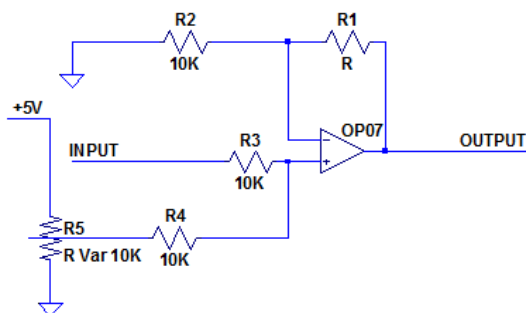
Gbr 8. LPF

Keempat merancang penguat kedua dengan tujuan untuk memperbesar sinyal agar lebih mudah untuk diamati. Sinyal diperkuat hingga 6,6 kali menggunakan IC LM741.



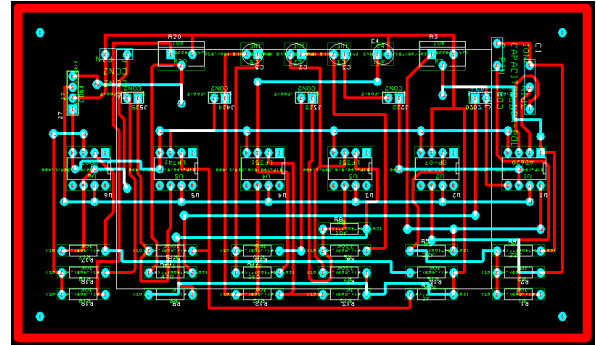
Gbr 9. Penguat Kedua

Kelima merancang penguat penjumlah dengan tujuan untuk menaikkan level tegangan sinyal EKG sesuai dengan yang diinginkan.



Gbr 10. Penguat Penjumlah

Setelah seluruh rangkaian dibuat, selanjutnya membuat *circuit* menggunakan *software*, hasil dari rangkaian yang telah digabungkan dapat dilihat pada Gbr 11.



Gbr 11. Rangkaian Penguat dan Filter

Agar piranti elektronik dapat berfungsi dibutuhkan *power supply*. Pada perancangan *power supply* menggunakan dua baterai DC dengan tegangan 12 volt, kemudian menggunakan regulator untuk menghasilkan tegangan keluaran yang diinginkan. Tegangan keluaran yang dibutuhkan sebesar +9 volt, -9 volt dan + 5 volt. Tegangan keluaran ini digunakan untuk mengaktifkan IC pada *bio-amplifier*, *band pass filter*, *low pass filter*, penguat, dan rangkaian *adder*. Pada setiap IC kaki no 4 mendapatkan tegangan -9 volt dan kaki no 7 mendapatkan tegangan +9 volt. Sedangkan +5 volt digunakan pada *summing amplifier* untuk menaikkan level tegangan agar sinyal yang sebagian negatif dapat seluruhnya menjadi positif.

B. Perancangan Perangkat Lunak

Tujuan memprogram Arduino Uno ialah agar sinyal yang dideteksi oleh rangkaian elektronik yang masuk pada analog input Arduino Uno dapat dikirim ke komputer secara serial sehingga sinyalnya dapat diolah oleh LabVIEW.

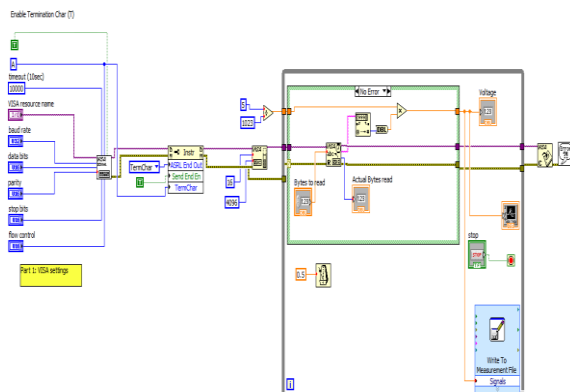
Berikut listing program agar Arduino Uno dapat berkomunikasi secara serial dengan komputer:

```
int potPin = 0;      // select
the analog input pin
int val = 0;        // variable
to store the value coming from
the sensor
void setup()
{
    Serial.begin(9600);      //
    opens serial port, sets data rate
    to 9600 bps
}
void loop() {
    val = analogRead(potPin);      //
    read the value from the voltage
    divider
    Serial.println(val);
    delay(0.5);
}
```

C. Perancangan Block Diagram LabVIEW

Block diagram pada LabVIEW dibutuhkan untuk memproses data yang masuk pada Arduino Uno dan mengatur data yang akan ditampilkan pada *front panel* LabVIEW.

Pada perancangan *block diagram* hanya menggunakan analog input. Berikut gambar perancangan *block diagram* menggunakan LabVIEW:

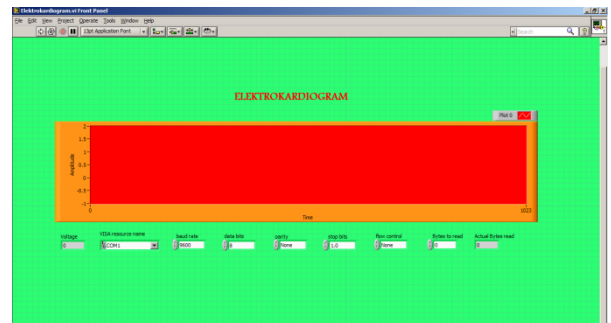


Gbr 12. Rancangan *Block Diagram* Elektrokardiogram pada LabVIEW

D. Perancangan Front Panel LabVIEW

Pada *front panel* berfungsi untuk menampilkan data yang telah diproses pada perancangan *block diagram*. Perancangan *front panel* menampilkan sinyal EKG secara *real time*.

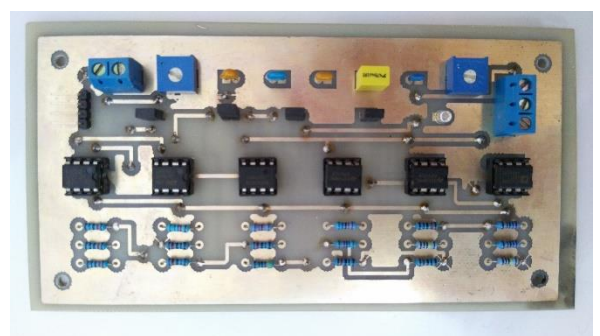
Berikut tampilan *front panel* pada LabVIEW :



Gbr 13. Rancangan *Front Panel* LabVIEW

IV. HASIL DAN PENGUJIAN

Hasil dari perancangan penguat dan filter menggunakan Op Amp dapat dilihat pada Gbr 14. Gbr 14 menunjukkan rangkaian dibuat secara *double layer* pada papan PCB yang bertujuan agar tidak ada jamper karena jalur pada rangkaian sangat banyak.



Gbr 14. Penguat dan Filter

Piranti elektronik yang telah jadi diletakkan pada box agar alat EKG dapat dengan mudah untuk dibawa. Pada box tersebut terdapat Arduino serta baterai DC. Gambar box yang telah jadi dapat dilihat pada Gbr 15.



Gbr 15. Box EKG

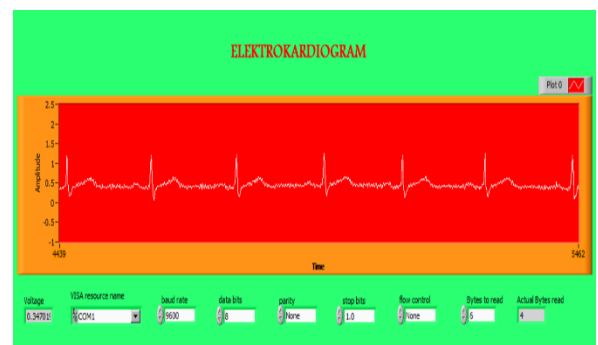
Pengujian *regulator* dengan mengukur tegangan *output* LM7805, LM7809 dan LM7909 menggunakan multimeter digital. Secara teoritis LM7805 akan menghasilkan tegangan output sebesar +5 volt, LM7809 akan menghasilkan tegangan output sebesar +9 volt dan LM7909 akan menghasilkan tegangan output sebesar -9 volt. Setelah melakukan pengukuran, LM7805 menghasilkan tegangan output sebesar +4,98 volt, LM7809 menghasilkan tegangan output sebesar +8,97 volt dan LM7909 menghasilkan tegangan output sebesar -8,75 volt. Terdapat perbedaan tegangan antara teoritis dan pengukuran, namun perbedaan tegangan tersebut masih dalam batas toleransi sehingga *power supply* yang dibuat dapat digunakan untuk mengaktifkan rangkaian penguat, rangkaian filter dan rangkaian *summing amplifier*.

Pengujian pada rangkaian penguat awal menggunakan akuisisi data Arduino Uno dan *software* LabVIEW. Pengujian dilakukan dengan mengambil data langsung dari keluaran penguat bio-potensial. Masukan rangkaian penguat awal menggunakan sensor elektroda. Pada percobaan menggunakan 3 buah sensor elektroda Ag/AgCl. Cara pemasangan elektroda menggunakan aturan Einthoven dengan sadapan bipolar lead 2. Pada sadapan bipolar lead 2, elektroda

pertama dihubungkan dengan tangan kanan yang bermuatan negatif, elektroda kedua dihubungkan dengan kaki kiri yang bermuatan positif dan elektroda yang ketiga dihubungkan dengan kaki kanan yang berfungsi sebagai *ground*.

Keluaran dari rangkaian elektronik elektrokardiogram yang telah dibuat dihubungkan dengan *analog input* 0 Arduino Uno. Setelah terhubung dengan Arduino Uno kemudian membuat *block diagram* LabVIEW yang berfungsi untuk memproses sinyal penguat awal.

Setelah memprogram LabVIEW dengan *block diagram* sinyal dapat ditampilkan dengan menggunakan GUI secara *real time* pada *front panel* LabVIEW. Berikut hasil sinyal yang dapat dideteksi secara *real time* menggunakan *front panel* LabVIEW.



Gbr 16. Output Sinyal EKG

Dari tampilan GUI Gbr 16 sudah terlihat sinyal elektrokardiogram dengan baik. Sinyal EKG yakni P, Q, R, S, dan T dapat dilihat sesuai dengan karakteristik sinyal detak jantung. Namun, jika dilihat lebih teliti sinyal tersebut masih terdapat sedikit *noise*. Untuk mengurangi dan menghilangkan *noise* secara mudah dapat menggunakan filter digital.

Sinyal yang telah dapat dideteksi dapat diproses ke tahap analisis dengan tujuan untuk mengetahui sinyal tersebut tergolong normal atau ada kelainan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ialah:

- 1) Rangkaian penguat dan filter yang dirancang dapat berfungsi dengan baik.
- 2) Sinyal EKG dapat ditampilkan secara *real time* menggunakan Arduino.
- 3) Masih terdapat *noise* pada sinyal EKG, namun *noise* nya tidak terlalu besar dan gelombang P,Q,R,S, dan T dapat dilihat dengan jelas sehingga *noise* tersebut masih dapat ditoleransi.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian desain dan implementasi EKG menggunakan Arduino untuk penelitian lebih lanjut dijelaskan beberapa poin berikut :

- 1) Dalam perancangan perangkat keras seperti perancangan filter sebaiknya menggunakan resistor dengan toleransi yang kecil dan menggunakan kapasitor yang baik untuk penapis sinyal seperti menggunakan jenis kapasitor *multilayer* dan MKM.
- 2) Pada perancangan penguatan sinyal harus sesuai dengan karakteristik dari *integrated circuit* (IC), karena bila penguatan terlalu besar akan menghasilkan *noise*.

- 3) Membuat jalur-jalur rangkaian pada PCB dengan rapi agar mudah untuk diuji dan diidentifikasi, selain itu juga untuk menghindari *noise* karena sinyal yang akan dideteksi dan difilter memiliki amplitudo yang sangat kecil.
- 4) Kabel penghubung antara sensor dan rangkaian sebaiknya menggunakan kabel standar EKG agar pengiriman sinyal lebih baik.

REFERENSI

- [1] R. Usvarman, D. R. Wati, T. Yuwono, “Rancang Bangun Elektrokardiogram (EKG) untuk Analisis *Heart Rate Variability* pada Domain Waktu” SRITI AKAKOM, Yogyakarta, September 2011.
- [2] Hermawan, Frendy., “Rancang Bangun Detektor Jantung”. Skripsi, tidak diterbitkan, Yogyakarta : Fakultas Teknik Industri Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia, 2008.
- [3] Sakti, Fajar Anggoro., “Perancangan Perangkat Monitoring EKG Berbasis Mikrokontroller ATmega 8535”. Skripsi, tidak diterbitkan, Yogyakarta: Fakultas Teknik Industri Industri Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia, 2008.