

# Studi Karakteristik Rangkaian Penguat Sinyal Biopotensial Elektrokardiografi (EKG)

ARIF SURTONO<sup>1)</sup>, IMAM NASIHIN<sup>1)</sup>, JUNAIDI<sup>1)</sup>, DAN SUBIAN SAIDI<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung. <sup>2)</sup>Jurusan matematika, FMIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung

**INTISARI:** Penyakit jantung saat ini menjadi salah penyebab kematian tertinggi di dunia. Oleh karena itu studi terkait instrumentasi EKG penting dilakukan, karena selain urgen dalam kebutuhan medis, instrumentasi ini paling cepat dan praktis dalam memonitor kondisi jantung pasien dibanding piranti monitoring jantung lainnya. Pada penelitian ini rangkaian penguat sinyal biopotensial dari sebuah instrumentasi EKG dikaji karakteristiknya, yang terdiri dari rangkaian penguat instrumentasi menggunakan IC AD620, *bandpass filter* dan *notch filter*. Semua rangkaian ini diuji karakteristiknya menggunakan sinyal sinusoidal berorde mV dari sebuah pembangkit sinyal dan diamati tanggapannya pada keluaran masing-masing rangkaian tersebut menggunakan osiloskop. Diperoleh hasil bahwa IC AD620 mampu menguatkan sinyal lemah hingga 17 kali untuk penguat awal, *bandpass filter* tipe Sallen-Key mampu menekan sinyal hingga -3 dB pada frekuensi atas 115 Hz dan *notch filter* tipe Wien-Bridge mampu menekan sinyal berfrekuensi 50 Hz untuk menghilangkan noise dari interferensi jala-jala jaringan listrik.

**KATA KUNCI:** Karakteristik, Penguat, Biopotensial dan Elektrokardiografi

**E-mail:** arif.surtono@fmipa.unila.ac.id

## 1 PENDAHULUAN

Menurut WHO tahun 2002, penyakit jantung menempati urutan pertama penyakit mematikan yang membunuh lebih dari 7 juta penduduk (WHO, 2002). Di Indonesia, hasil Survei Kesehatan Rumah Tangga (SKRT) tahun 1996 menunjukkan bahwa proporsi penyakit ini meningkat dari tahun ke tahun sebagai penyebab kematian. Pada tahun 1975 kematian akibat penyakit jantung hanya 5,9%, tahun 1981 meningkat sampai dengan 9,1%, tahun 1986 melonjak menjadi 16% dan tahun 1995 meningkat menjadi 19%. Sensus nasional tahun 2001 menunjukkan bahwa kematian karena penyakit kardiovaskuler termasuk penyakit jantung koroner adalah sebesar 26,4%.

Penyakit jantung umumnya terjadi akibat sebagian otot jantung mengalami kekurangan oksigen, memar dan kematian akibat adanya gangguan hantaran oksigen dari pembuluh darah koroner yang bertugas memberi oksigen. Gangguan hantaran ini paling sering disebabkan oleh adanya penyumbatan jalan pembuluh darah koroner sebagai akibat terbentuknya plak pada dinding lumen pembuluh darah koroner. Oleh karena kelainannya terjadi di pembuluh darah koroner, maka walaupun akibatnya terjadi pada otot jantung akan tetapi penyakitnya disebut penyakit jantung koroner (Santoso dan Setiawan, 2005; Martohusodo, 2007). Penyakit ini sering menyerang pasien secara mendadak tanpa ada keluhan sebelumnya sehingga disebut juga se-

rangan jantung atau *myocard infarction*. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan penyakit jantung karena penyumbatan pembuluh darah koroner adalah kebiasaan merokok, diabetes, hipertensi, kadar kolesterol dan trigliserid dalam darah tinggi, kurang olah raga/aktivitas fisik, stres psikis dan kegemukan (Martohusodo, 2007).

Elektrokardiografi (EKG) merupakan instrumentasi medis yang digunakan untuk memonitor kondisi jantung pasien. Dengan alat ini, dokter dapat merekam aktivitas listrik jantung, yaitu dengan cara menempatkan beberapa bioelektroda pada permukaan tubuh. Hasil rekaman EKG menggambarkan kondisi kesehatan jantung pasien (Surtono dkk, 2012). Instrumentasi EKG memiliki keunggulan dibandingkan alat monitoring jantung lainnya karena harganya terjangkau sehingga dapat tersedia pada hampir semua instansi kesehatan, bahkan bisa dimiliki secara pribadi. Dengan dibekali pengetahuan cara membaca rekaman EKG yang memadai, para tenaga medis di rumah sakit maupun di puskesmas diharapkan dapat memberikan pelayanan pemeriksaan kesehatan jantung bagi masyarakat (Nazmah, 2011) sehingga kasus penyakit jantung dapat ditekan jumlahnya.

## Rumusan masalah

Sinyal EKG merupakan sinyal tegangan biolistrik yang berasal dari sumber listrik jantung. Otot-otot jantung mampu menghasilkan sinyal biolistrik yang merambat hingga permukaan tubuh dan direkam

menggunakan bioelektroda (Cameron and Skofronick, 1978). Secara alami, amplitudo tegangan biolistrik jantung hanya berorde 1mVpp (Carr and Brown, 2001; Prutchi and Norris, 2005), namun sejumlah derau acapkali mengganggunya terutama interferensi jaringan listrik 50 Hz. Oleh karena itu diperlukan suatu rangkaian penguat sinyal biolistrik EKG yang lemah dan filter takik untuk mereduksi interferensi jaringan listrik.

### Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik rangkaian penguat sinyal biolistrik jantung/sinyal biopotensial EKG, bandpass filter EKG dan rangkaian filter takik 50 Hz. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu pedoman bagaimana membuat rangkaian elektronik pengolahan sinyal EKG.

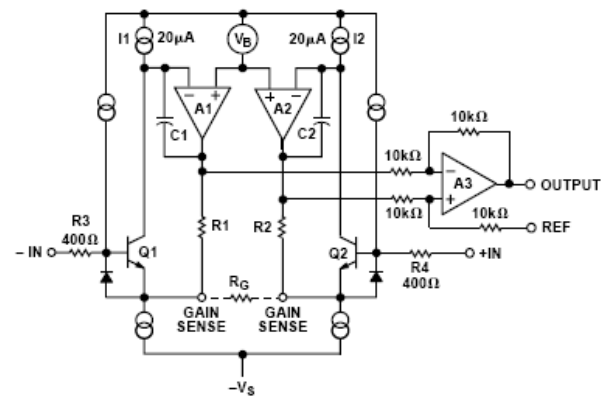
## 2 METODE PENELITIAN

Secara umum bagian elektronik instrumentasi EKG sebelum direkam ke dalam komputer atau osiloskop secara berurutan terdiri atas elektroda EKG, rangkaian penguat instrumentasi, *bandpass filter* dan *notch filter* (filter takik) .

**Rangkaian penguat instrumentasi**, dirancang menggunakan IC AD620. Prinsip IC ini adalah penguat diferensial yang mempunyai spesifikasi:

- CMRR lebih dari 100 dB
- Tegangan offset maksimal 50- $\mu$ V
- Input arus bias rendah (max 1nA)
- Input derau tegangan rendah (0,28  $\mu$ V dari 0,1 Hz sampai 10 Hz).

Rangkaian sederhana IC AD620 seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Skematik sederhana AD620

Gain atau penguat diferensial dari input-input ke output A1 atau A2 diberikan dengan persamaan:

$$G = \frac{R_1 + R_2}{R_G} + 1 \quad (1)$$

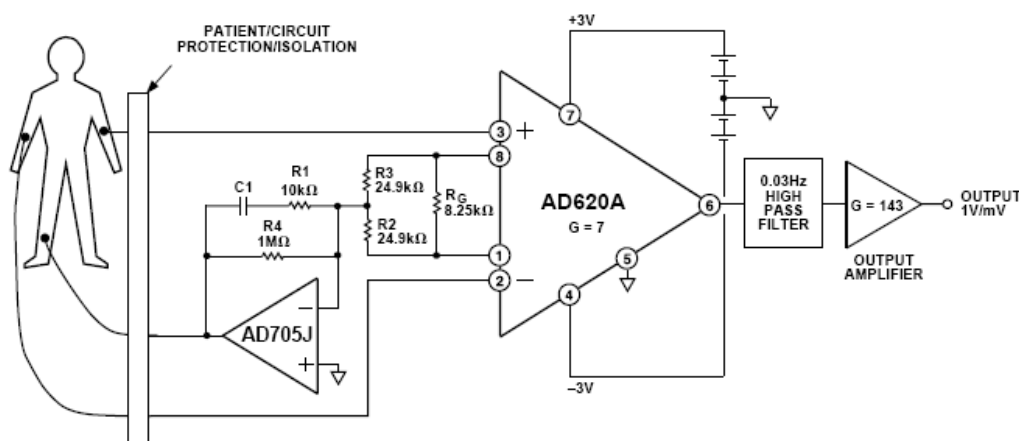
A<sub>3</sub> merupakan *subtractor* dengan *gain*  $G = 1$  yang dapat menghilangkan derau mode-bersama. Nilai resistor eksternal  $R_G$  menentukan transkonduktansi penguat awal (*preamp stage*). Resistor penguat internal  $R_1$  dan  $R_2$  bernilai tetap 24,7 k $\Omega$  sehingga penguatan IC dapat diatur secara akurat menggunakan resistor eksternal  $R_G$  dengan persamaan:

$$G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad (2)$$

atau

$$R_G = \frac{49,4 \text{ k}\Omega}{G - 1} \quad (3)$$

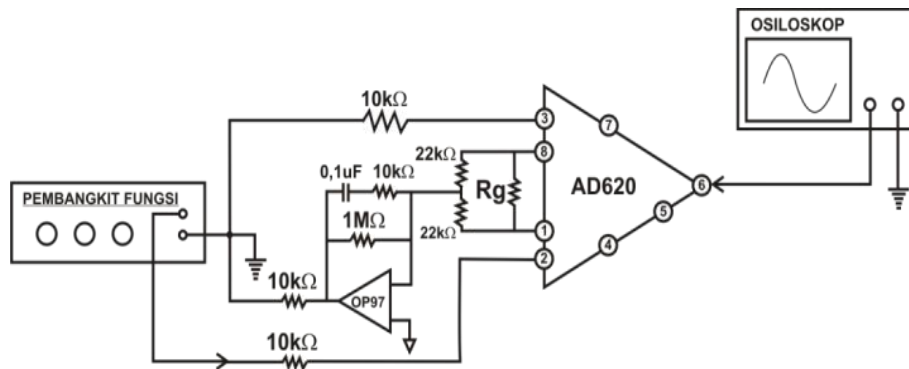
Untuk aplikasi monitoring EKG, penguat instrumentasi AD620 dirangkai seperti gambar 2.



Gambar 2 Rangkaian aplikasi AD620 untuk monitoring EKG (AD620 datasheet)

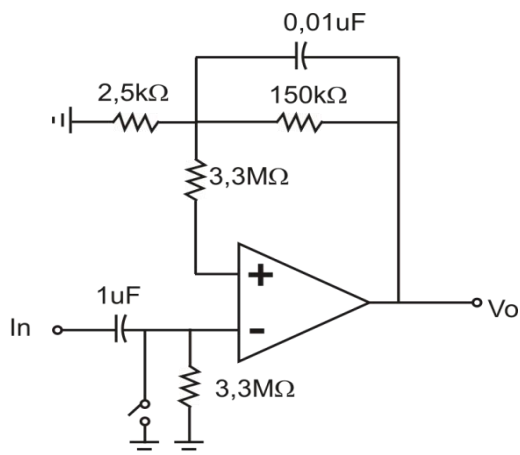
Pengujian rangkaian penguat instrumentasi ini dilakukan dengan cara memberi sinyal sinusoidal 220 mV 10 Hz dari *function generator* pada frekuensi 10 Hz. Resistor  $R_G$  diubah-ubah nilainya dari 9,91

k $\Omega$  hingga 3,56 k $\Omega$ . Respon penguat instrumentasi diperoleh dengan mencatat tegangan keluaran pada osiloskop. Skema pengujian rangkaian penguat instrumentasi seperti gambar 3.



Gambar 3. Pengujian rangkaian penguat instrumentasi

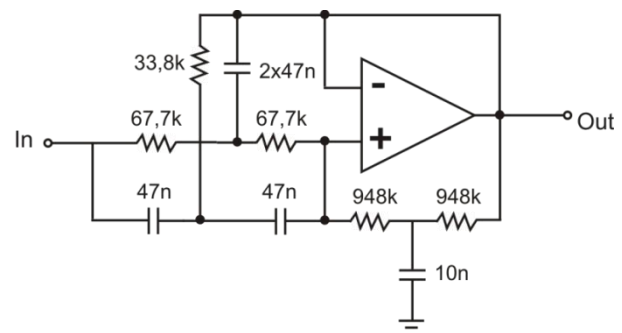
**Rangkaian bandpass filter**, didesain agar hanya meloloskan frekuensi yang membawa informasi penting dari sinyal EKG yaitu dari 0,05 Hz – 105 Hz. Rangkaian lengkap filter tersebut seperti gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian filter lolos pita (*bandpass filter*)

Pengujian rangkaian filter ini dilakukan dengan cara memberi sinyal masukan sinusoidal 100 mV dari *function generator* dan frekuensinya diubah-ubah dari 0,01 Hz hingga 110 Hz. Respon filter diperoleh dengan mengamati/mencatat tegangan keluaran pada osiloskop

**Rangkaian filter takik 50 Hz**, berfungsi untuk menghilangkan interferensi jaringan listrik berfrekuensi 50 Hz. Rangkaian disusun dari jaringan T-rangkap (*twin T*) yang terdiri dari dua resistor dengan satu kapasitor dan dua kapasitor dengan satu resistor. Rangkaian lengkap tapis aktif takik 50 Hz ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 Rangkaian Tapis Takik 50 Hz

Frekuensi takik adalah frekuensi dengan pelemahan maksimal dan diberikan dari persamaan

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (4)$$

dengan  $f_c = 50$  Hz dan  $C = 47$ nF, maka  $R = 67,75$  k $\Omega$ . Besarnya faktor kualitas  $Q$  ditentukan dengan persamaan :

$$Q = \frac{R_{12}}{2R} \quad (5)$$

sehingga jika  $Q = 7$  dan  $R = 67,75$  k $\Omega$  maka  $R_{12} = 948,5$  k $\Omega$ .

Pengujian rangkaian filter takik dilakukan dengan cara memberikan sinyal sinusoidal 400 mV dari *function generator* dan frekuensi diubah-ubah dari 10 Hz hingga 75 Hz. Respon filter diperoleh dengan mengamati/mencatat tegangan keluaran pada osiloskop.

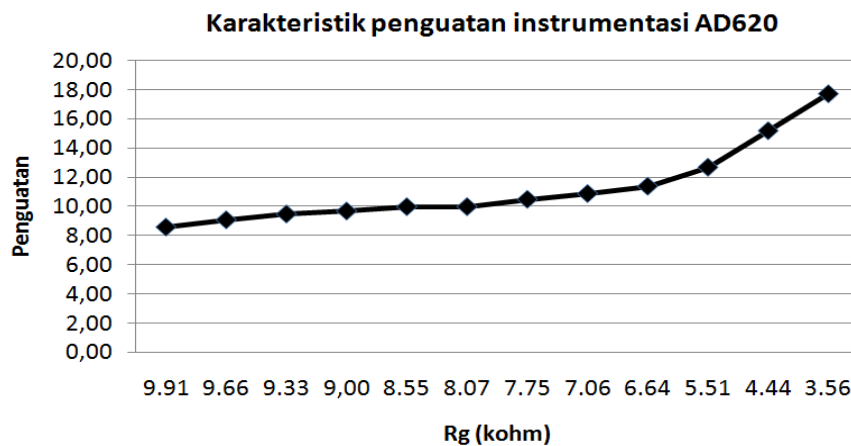
### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik penguatan dari rangkaian penguat instrumentasi terhadap sinyal masukan sinusoidal 220 mV 10 Hz seperti gambar 6.

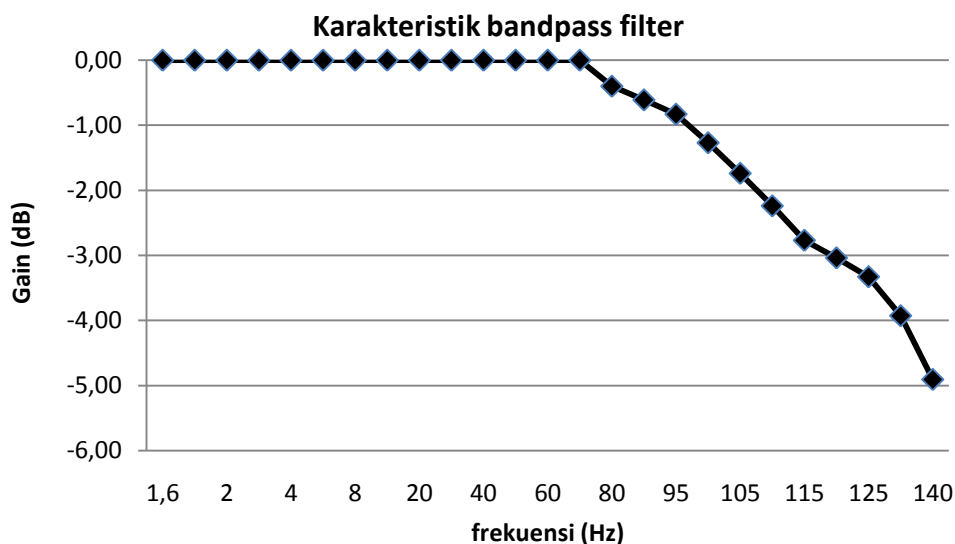
Untuk penguatan awal sinyal EKG yang diinginkan sebesar 10x maka berdasarkan karakteristik yang diperoleh seperti pada gambar 6 dapat dipilih nilai resistor eksternal  $R_G$  sebesar 8,07 k $\Omega$ . Secara

umum rangkaian penguat instrumentasi menggunakan IC AD620 mampu memberi penguatan diferensial sebesar 8,6 kali pada  $R_G = 9,91$  k $\Omega$  hingga penguatan sebesar 17,73 kali pada  $R_G = 3,56$  k $\Omega$ .

Karakteristik rangkaian filter lolos pita (bandpass filter) terhadap sinyal masukan sinusoidal 100 mV dari *function generator* dan frekuensinya diubah-ubah dari 1,6 Hz hingga 140 Hz seperti pada gambar 7.



Gambar 6. Karakteristik penguatan AD620



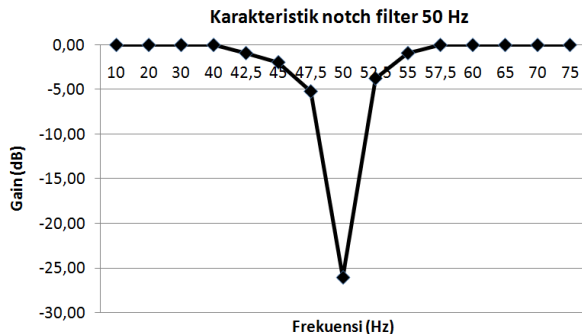
Gambar 7. Karakteristik bandpass filter Salen-Key

Idealnya rangkaian bandpass filter diujikan pada frekuensi bawah hingga 0,05 Hz, namun karena keterbatasan kemampuan osiloskop yang ada membaca sinyal sinusoidal hingga frekuensi 1,6 Hz maka pengujian karakteristik *bandpass filter* dimulai dari frekuensi 1,6 Hz. Secara umum filter bandpass

tidak melemahkan sinyal masukan hingga frekuensi sekitar 80 Hz. Filter mampu melemahkan sinyal masukan sinusoidal sekitar -3 dB pada frekuensi 115 Hz sebagai frekuensi cut-off atas. Secara teori dapat dikatakan daya sinyal masukan dapat diturunkan hingga separuhnya pada frekuensi lebih dari 115 Hz. Karakteristik ini sudah cukup ideal untuk sebuah

filter bandpass sinyal EKG karena frekuensi batas atas sinyal EKG sekitar 110 Hz – 115 Hz (Webster, 1998).

Karakteristik rangkaian *notch filter* terhadap sinyal masukan sinusoidal pada frekuensi 10 Hz sampai 70 Hz seperti gambar 8.



Gambar 8. Karakteristik notch filter 50 Hz

Seperti pada gambar 8, tanggapan filter takik (*notch*) akan melemahkan sinyal sinusoidal secara maksimum pada frekuensi 50 Hz dan simetri pada frekuensi diatas dan dibawah 50 Hz. Hasil ini cukup ideal untuk sebuah notch filter sinyal EKG yang dapat menekan interferensi jaringan listrik PLN pada frekuensi 50 Hz.

Contoh sinyal EKG dari rangkaian penguat dan filter yang telah dibuat direkam pada komputer menggunakan antarmuka DATAQ 148U, hasilnya dibandingkan dengan rekaman dari mesin EKG pabrik merk Cardiosunny C120 seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan sinyal EKG pada komputer dan mesin EKG Cardiosunny C120.

Lead	EKG Cardiosunny C120	EKG Penelitian
I		
II		
III		

#### 4 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

- Penguat instrumentasi menggunakan IC AD620 mampu menguatkan sinyal masukan hingga 17 kali penguatan pada resistor eksternal  $R_G = 3,56 \text{ k}\Omega$  untuk digunakan sebagai penguat awal sinyal biopotensial elektrokardiografi
- Rangkaian filter lolos pita (*bandpass filter*) mampu menekan sinyal masukan sinusoidal pada frekuensi cut-off atas sesuai dengan kebutuhan instrumentasi EKG sebesar 110 Hz – 115 Hz.
- Rangkaian filter takik mampu menekan sinyal masukan pada frekuensi 50 Hz lebih dari -25 dB

yang cukup ideal untuk mereduksi interferensi jaringan listrik pada sinyal EKG.

- Rangkaian penguat instrumentasi, filter lolos pita dan filter takik yang telah dirancang dapat menghasilkan rekaman sinyal EKG yang setara dengan rekaman mesin EKG Cardiosunny C120.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya penelitian ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Dirjen Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Hibah Bersaing Tahun Anggaran 2014 yang dikelola melalui Desentralisasi Perguruan Tinggi pada Lembaga Penelitian Universitas Lampung.

## REFERENSI

- [1] AD620 Datasheet, National Instrument.
- [2] Cameron, J.R and Skofronick, 1978, *Medical Physics*, John Wiley & Sons, Inc., Toronto, Canada
- [3] Carr, J.J and Brown, J.M, 2001, *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- [4] Martohusodo, B.I, 2007, Pencegahan Primer Penyakit jantung Koroner, Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Kedokteran UGM Yogyakarta.
- [5] Nazmah, A., *Cara Praktis dan Sistematis Belajar Membaca EKG*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 2011.
- [6] Prutchi D and Norrir, M., 2005, *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation*, John Wiley & Sons, New Jersey.
- [7] Surtono, A., Widodo, T.S dan Tjokronagoro, M., 2012, Analisis Klasifikasi Sinyal EKG Berbasis Wavelet dan Jaringan Syaraf Tiruan, *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informatika*, No.1, vol 2. Nopember 2012.
- [8] Webster, J.G. (Ed), *Medical Instrumentation Application and Design*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.
- [9] WHO, 2002, *Cardiovascular Deseases Atlas*, [www.who.int](http://www.who.int).

