

## REALISASI ELEKTROKARDIOGRAF BERBASIS KOMPUTER PERSONAL UNTUK AKUISISI DATA ISYARAT ELEKTRIS JANTUNG

IGAP. Raka Agung  
Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro FT UNUD

### ABSTRACT

Heart is a vital organ in human body that function to pump blood to the body. Pumping activity by heart muscles can be measured using an instrument called electrocardiograph(ECG). Using commercial electronic component can be realized a personal computer based electrocardiograph (PC ECG). This PC ECG consists of electrodes, cables, buffer, Wilson circuit, multiplexer, amplifier, filter, ADC, PPI and PC as main processor. Each components have been realized is tested to find result as its designing. Noise in the ECG signal is filtered using moving average method. These signals is then represented in the waveform, graph and histogram. ECG components have been made that have shown suitable result as design on its testing. ECG appearance have resembled performance commercial instrument. Moving average filter work properly when delay element is single.

### ABSTRAK

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Aktivitas pemompaan oleh otot jantung dapat diukur memakai peralatan yang disebut elektrokardiograf atau EKG. Memakai komponen-komponen yang terdapat dipasaran dapat dibuat EKG berbasis personal komputer atau PC ECG. PC ECG ini terdiri dari elektrode, kabel transmisi, rangkaian penyangga, rangkaian wilson, multiplexer, amplifier, filter, ADC, PPI dan PC sebagai pengolah utama. Masing-masing komponen yang sudah direalisasikan diuji untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan perancangan. Noise pada ECG difilter memakai metode rerata bergerak. Sinyal-sinyal ini kemudian ditampilkan bentuk gelombang, grafik dan histogramnya. Komponen – komponen PC ECG yang dibuat ketika diuji sudah menunjukkan hasil yang sesuai dengan perancangan. Elektrokardiogram yang didapat sudah menyerupai tampilan dari peralatan komersial. Filter rerata bergerak bekerja dengan baik ketika elemen tunda adalah satu.

**Key Words :** Heart-PC ECG-ADC

### 1. PENDAHULUAN

Jantung adalah organ penting dalam tubuh manusia yang difungsikan untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Proses pemompaan darah ini terjadi karena otot jantung berkontraksi akibat mendapat rangsangan listrik atau impuls. Rangsangan listrik berawal dari potensial aksi yang terjadi pada sel-sel otot jantung sendiri. Potensial aksi berawal dari keadaan depolarisasi membran sel autoritmik saat tegangan di dalam sel +20 mV terhadap tegangan di luar sel dan keadaan repolarisasi saat tegangan di dalam sel -90 mV terhadap tegangan di luar sel.

Untuk mengetahui aktivitas listrik otot jantung diperlukan pencatatan atau perekaman dari permukaan tubuh. Perekaman dapat dilakukan pada permukaan tubuh sebab tubuh adalah konduktor yang baik. Perekaman ini dilakukan dengan menempelkan elektrode-elektrode pada lokasi tertentu yang disebut sandapan (*lead*) pada permukaan kulit. Elektrode berfungsi sebagai sensor yang mengubah besaran kimia dari energi ionis menjadi besaran listrik.

Perekaman ini akan menampilkan keadaan depolarisasi dan repolarisasi otot jantung, berupa gelombang P yang disebabkan oleh depolarisasi serambi, gelombang QRS karena depolarisasi bilik dan gelombang T yang disebabkan repolarisasi bilik

Disamping elektrode komponen lain yang dibutuhkan adalah konduktor penghubung (transmisi), rangkaian penyangga (*buffer*), rangkaian jaringan Wilson, rangkaian pemilih sandapan (multiplexer), penguat (*amplifier*) dan tapis (*filter*). Penguat dan tapis biasanya disebut pengkondisi sinyal, yang akan mengkondisikan sinyal analog dari sensor untuk proses konversi analog ke digital. Proses konversi ke sinyal digital ini dilakukan oleh rangkaian ADC. Antarmuka ke komputer dilakukan dengan memakai rangkaian PPI pada slot ISA. Semua komponen ini bisa didapatkan di pasar dalam negeri.

Elektrokardiograf atau EKG adalah suatu alat dengan elektrode yang terpasang di permukaan kulit yang digunakan untuk mengamati aktivitas listrik otot jantung. Elektrokardiogram yang dihasilkan dapat menunjukkan frekuensi, irama, sumbu, tanda-

tanda hipertrofi(pembesaran), dan tanda-tanda iskemik pada jantung.

**2. Landasan Teori**

**a. Jantung sebagai sumber isyarat bioelektris**

Jantung adalah organ muskular yang berfungsi sebagai pompa ganda sistem kardiovaskular. Sisi kanan jantung memompa darah ke paru sedangkan sisi kiri memompa darah ke seluruh tubuh. Jantung mempunyai empat ruangan, serambi kanan dan kiri, bilik kanan dan kiri. Serambi ber dinding tipis sedangkan bilik ber dinding lebih tebal dengan bilik kiri ber dinding paling tebal karena dia memompa darah ke seluruh tubuh.

Jantung terbuat dari jaringan otot khusus yang tidak terdapat di manapun di seluruh tubuh. Lapisan pertama disebut endokardium yang berfungsi sebagai bagian dalam jantung. Lapisan kedua disebut miokardium yaitu otot utama jantung yang melaksanakan pemompaan untuk mensirkulasikan darah. Epikardium adalah lapisan ketiga otot jantung, tipis merupakan membran proteksi yang menutup sebelah luar jantung.

Pada bagian atas serambi kanan terdapat simpul sinoatrial (SA). Simpul SA inilah yang menimbulkan rangsangan yang menyebabkan jantung berkontraksi. Simpul atrioventrikular (AV) terletak pada dinding yang membatasi serambi kanan dan bilik kanan. Simpul ini berfungsi menghantarkan impuls dari serambi ke bilik. Impuls dari simpul AV kemudian diteruskan ke seluruh bilik melalui berkas His. Pada ujung berkas His terdapat banyak cabang. Cabang-cabang ini disebut serat Purkinje. Serat-serat Purkinje bertugas meneruskan impuls dari berkas His ke seluruh otot bilik. Bilik kemudian berkontraksi

sehingga darah dipompa keluar dari bilik dan mengalir dalam sistem peredaran darah.

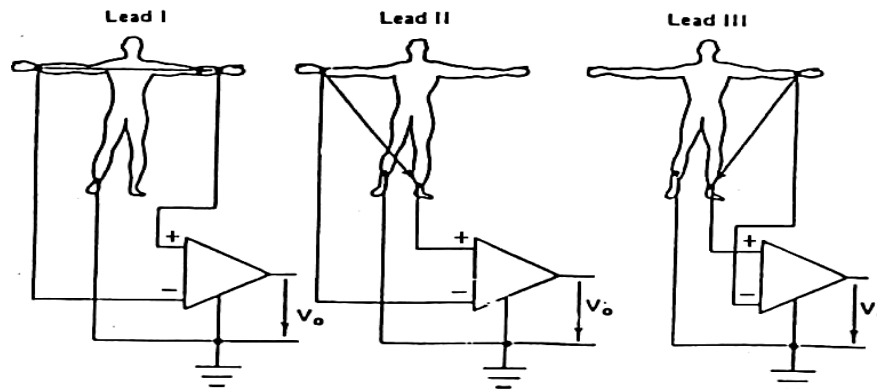
**b. Elektrokardiografi**

Elektrokardiogram adalah grafik atau gambaran rekaman aktivitas elektris otot jantung, rekaman ini dapat dilihat pada alat yang disebut elektrokardiograf. Dengan meletakkan elektrode dipermukaan tubuh, pada tempat yang sesuai, tegangan listrik yang dihasilkan dapat direkam. Grafik rekaman tegangan listrik yang dihasilkan otot-otot jantung selama siklus jantung inilah yang disebut elektrokardiogram. Elektrokardiogram diperoleh sesuai dengan depolarisasi dan repolarisasi serambi dan bilik.

Untuk memperoleh elektrokardiogram beberapa elektrode dipasang pada permukaan tubuh pasien. Elektrode ini dihubungkan ke elektrokardiograf melalui kabel. Dari grafik ini dokter akan mendapatkan informasi tentang aktivitas elektris otot jantung untuk membantu diagnosis tentang keadaan jantung. Sandapan (*lead*) yang umum digunakan dalam elektrokardiografi adalah sandapan *ekstrimitas* dwikutub, sandapan *ekstrimitas* ekakutub dan sandapan eka kutub dada.

**1. Sandapan standar dwikutub I, II, III**

Pada sandapan ini elektrode diletakkan pada tangan kanan (*RA*), tangan kiri (*LA*) dan kaki kiri (*LL*). Ketiga sandapan standar ini diperlihatkan pada gambar 1.

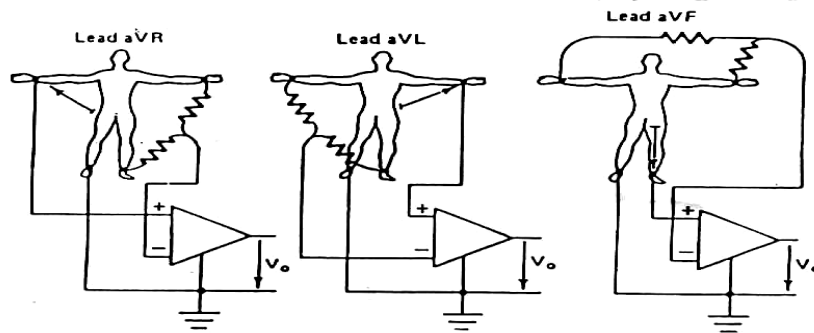


Gambar 1 Sandapan standar dwikutub

**2. Sandapan ekstrimitas ekakutub dipertinggi *aVR, aVF, aVL***

Sandapan ini mengukur tegangan suatu titik ukur terhadap tegangan rerata dua titik lainnya.

Konfigurasi sandapan ekstrimitas ekakutub dipertinggi diperlihatkan pada gambar 2.

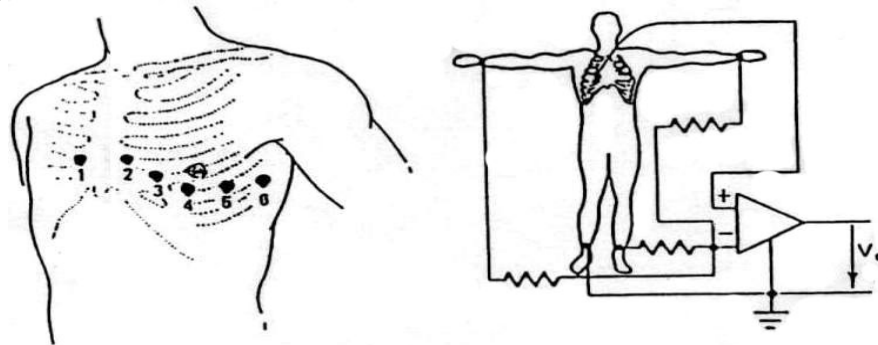


Gambar 2 Sandapan ekstremitas ekakutub dipertinggi

3. Sandapan ekakutub dada  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$  dan  $V_6$

Sandapan ini merekam tegangan listrik pada bidang horizontal. Enam buah elektrode

diletakkan pada tempat-tempat tertentu di dada seperti gambar 3.

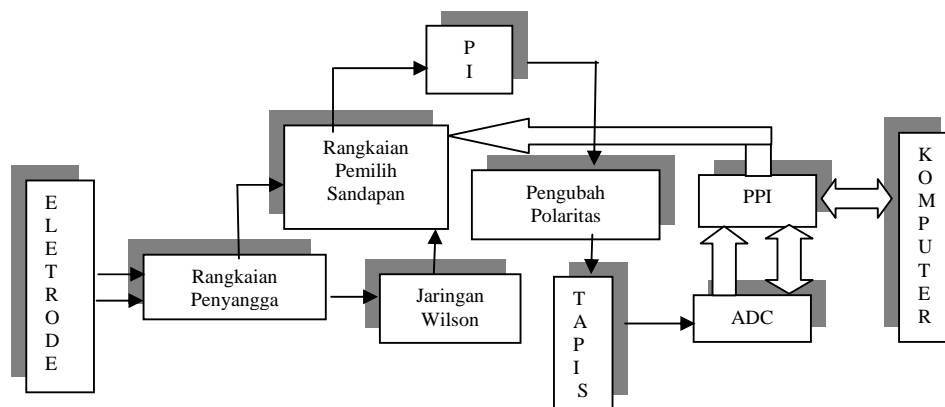


Gambar 3 Sandapan ekakutub dada

3. Cara Penelitian

a. Perancangan rangkaian

Perancangan rangkaian untuk realisasi peralatan EKG dijelaskan dengan diagram blok seperti gambar 4.



Gambar 4. Diagram blok perangkat keras EKG rancangan

Adapun penjelasan dari diagram blok di atas akan dijelaskan pada bagian berikut.

Elektrode adalah sensor/transduser yang mengubah energi ionis dari sinyal jantung menjadi energi listrik untuk akuisisi dan pengolahan datanya. Elektrode ini ditempelkan pada permukaan kulit pasien pada lokasi yang sudah ditentukan yang disebut sandapan atau *leads*. Elektrode yang dipakai adalah jenis tempel dengan bahan dari perak klorida (AgCl).

Rangkaian penyangga berfungsi untuk memungut sinyal dari sensor (elektrode) karena rangkaian ini mempunyai resistansi masukan yang sangat tinggi dan resistansi keluaran yang sangat rendah. Dengan demikian rangkaian penyangga hanya menjadi beban ringan pada elektrode tetapi dapat memberi arus yang besar ke rangkaian berikutnya. IC yang dipakai pada bagian ini adalah jenis penguat operasional TL084.

Rangkaian Wilson adalah kombinasi beberapa resistor yang bisa dipakai untuk menghasilkan beberapa kombinasi sandapan yang merupakan masukan pada rangkaian multiplexer. Resistor yang dipakai adalah sebanyak sepuluh buah dengan nilai masing-masing 10 K $\Omega$ .

Rangkaian pemilih sandapan adalah multiplexer dua belas masukan ke satu keluaran. Sinyal-sinyal yang ditransmisikan oleh masing-masing IC ini diatur dari port B PPI yaitu B<sub>0</sub> dan B<sub>1</sub> sedangkan *chip enable* ke empat IC diatur oleh port B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub> dan B<sub>5</sub>. IC yang dipakai adalah empat buah tipe CMOS 4052.

Penguat instrumentasi yang dipakai mempunyai penguatan sangat besar dan besar penguatannya bisa diubah hanya dengan mengubah satu potensiometer. IC yang dipakai adalah jenis penguat operasional LF356.

Pengubah polaritas berguna untuk mengubah polaritas tegangan dari bipolar (-2,5V sampai dengan 2,5V) menjadi unipolar (0V sampai dengan 5V) untuk input ke rangkaian ADC. Konfigurasi yang dipakai adalah emiter bersama dengan memakai transistor BD182.

Tapis pelewat bidang mempunyai lebar pita dari 0,05 Hz sampai dengan 100 Hz. Lebar pita ini sesuai dengan lebar pita dari isyarat listrik jantung. Penguatan pada rangkaian ini adalah sebelas kali. Digabung dengan penguat instrumentasi penguatan pada rangkaian pengkondisi sinyal menjadi 770 kali.

Tapis takik berfungsi untuk menghilangkan *noise* dari jala-jala listrik sebesar 50 Hz. Konfigurasi tapis ini memakai rangkaian T rangkap dengan faktor kualitas 7.

Rangkaian ADC akan mengubah besaran analog pada masukannya menjadi besaran digital pada keluarannya. ADC yang dipakai adalah tipe 8 bit yaitu IC ADC 0808. Proses konversi dan hasil konversi diatur dari port C dan port A rangkaian PPI. Kecepatan konversinya 100  $\mu$ S konstan.

Antarmuka alat yang direalisasikan dengan komputer memakai port ISA dengan IC PPI 8255 sebagai komponen utama. *Control word* yang digunakan adalah 98H. IC ini mempunyai 24 port yang bisa berfungsi sebagai masukan ataupun keluaran dengan 3 mode operasi tergantung pada *control word* yang diberikan. IC ini menghubungkan komputer dengan dengan *peripherals*.

Personal komputer (PC) adalah pusat dari semua peralatan EKG ini, berfungsi sebagai pengolah sentral. Dengan CPU dan memori dengan perangkat lunak yang sesuai komputer bisa mengolah dan menampilkan elektrokardiogram dalam waktu nyata. Spesifikasi komputer yang dipakai adalah Intel Pentium II, RAM 64 Mb, kecepatan 400 MHz dengan sistem operasi Windows 98 dan bahasa pemrograman Delphi Versi 5.0.

### b. Perancangan Perangkat Lunak

Pengambilan data dari port dikerjakan dengan bahasa Assembler dengan menambah pengarah *asm* pada Delphi, sedangkan tampilan dan pengolahan datanya dilakukan dengan memakai bahasa Delphi 5. Untuk mendapatkan data dan tampilan elektrokardiogram dalam waktu nyata (*real time*), pengambilan data EKG memakai prosedur *Thread* dari Delphi 5, sedangkan penulisan tampilannya ke monitor memakai komponen *Timer*. Proses ini dapat cepat dan konsisten, karena *thread* dari Delphi bersifat (Delphi 5, 1999):

1. Menghindari leher botol (*bottlenecks*). Eksekusi bisa berjalan terus karena CPU tidak dibiarkan istirahat (*idle*).
2. Sifat pengorganisasian program. CPU bisa diberikan lebih banyak waktu untuk tugas-tugas yang lebih kritis.
3. Multiprosesing. Jika sistem *running* program mempunyai banyak prosesor, unjuk kerjanya dapat diperbaiki dengan membagi pekerjaan ke dalam beberapa *thread* (antrian) dan membiarkannya berjalan pada prosesor terpisah.

### c. Bahan dan alat penelitian

Bahan penelitian seperti komponen-komponen elektronika, elektrode-elektrode dan kabel-kabel semuanya bisa didapat di pasaran dalam negeri. Sinyal EKG didapat dari jantung penulis dan teman-teman sebagai bahan percobaan dan analisis.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer dengan spesifikasi Intel Pentium II Prosesor 400 MHz, RAM 64 Mb dan printer untuk mencetak hasil sinyal EKG. Modul-modul perangkat keras yang dibuat antara lain: modul PPI, modul ADC, dan modul pengkondisi sinyal. Perangkat lunak utama yang digunakan untuk antarmuka, akuisisi dan pengolahan data adalah Delphi 5. Sebagai penunjang program adalah PCB Designer untuk membuat gambar PCB, Protel untuk

membuat gambar rangkaian, alat ukur listrik dan alat-alat untuk membuat PCB.

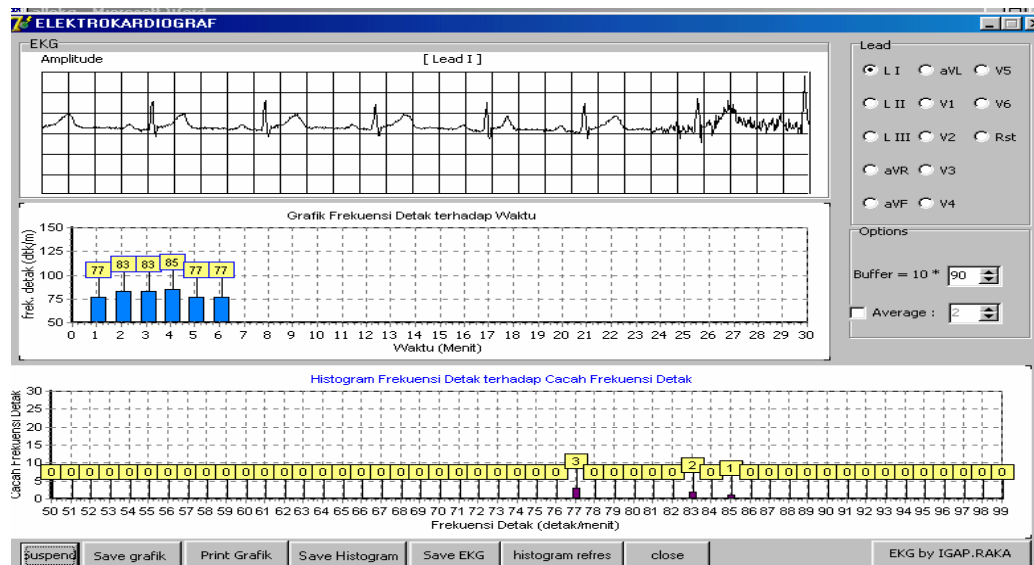
**d. Jalan Penelitian**

Penelitian diawali dengan mengumpulkan serta mempelajari pustaka mengenai EKG, antarmuka komputer, konversi analog ke digital, penguat dengan *op-amp*, tapis, elektrode, perangkat lunak utama yaitu Delphi versi 5.0 dan perangkat lunak pendukung untuk menggambar dan membuat PCB. Pada studi pustaka bisa dibuat rancangan alat, dilanjutkan dengan mencari komponen-komponen elektronik yang dibutuhkan. Hasil rancangan kemudian direalisasikan berupa modul-modul perangkat keras. Untuk mendapatkan hasil sesuai dengan rancangan modul-modul hasil rancangan diuji dan diadakan penyesuaian untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Sebagai acuan penulis memeriksakan jantung di rumah sakit untuk mendapatkan cetak miring gelombang EKG sendiri. Selanjutnya acuan ini dibandingkan dan disesuaikan pada perangkat keras dan perangkat lunak sehingga didapatkan hasil gelombang EKG yang sama.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian untuk komponen-komponen penyusun perangkat keras sudah menunjukkan alat tersebut bisa bekerja dengan baik. Ada beberapa kekurangan misalnya pada tapis takik yaitu penguatan pada frekuensi takiknya tidak bisa nol sehingga *noise* dari jala-jala listrik masih bisa memasuki rangkaian. Pada tapis pelewat pita penguatan pada pita lewatnya tidak benar-benar rata terutama di dekat frekuensi putus bawahnya.

Tampilan dari alat yang dibuat berisi menu untuk memilih sandapan, save untuk menyimpan masing-masing untuk EKG, grafik frekuensi detak dan histogramnya, pilihan *Lead* aktif dan *close* untuk kembali ke *prompt* awal. Tampilan dari alat yang direalisasikan pada monitor salah satunya (untuk sandapan I) adalah seperti gambar 5.

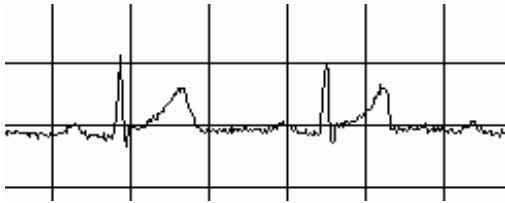


**Gambar 5.** Tampilan dari EKG yang dibuat

Perbandingan elektrokardiogram dari alat yang dibuat dengan peralatan komersial pada sandapan I dapat dilihat pada gambar 6. dan 7.



**Gambar 6.** Eletrokardiogram Sandapan I komersial



**Gambar 7.** Elektrokardiogram Sandapan I rancangan

Pada tampilan tersebut elektrokardiogram untuk sandapan I sudah menunjukkan karakteristik elektrokardiogram yang menyerupai elektrokardiogram dari peralatan komersial dari segi amplitudo, karakteristik dan frekuensinya. Pada semua sandapan yang lainnya tampilan elektrokardiogram dari alat yang dibuat sudah menyerupai tampilan dari alat komersial.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat disampaikan dari tulisan ini adalah sebagai berikut.

1. Pengujian pada komponen-komponen EKG yang dibuat menunjukkan komponen-komponen tersebut telah bekerja sesuai dengan hasil perancangan.
2. Tampilan gelombang EKG dari peralatan yang dibuat sudah mampu menunjukkan karakteristik-karakteristik sebuah gelombang EKG dalam waktu nyata (*real time*).
3. Bentuk gelombang EKG yang didapat sangat dipengaruhi oleh *noise* pada antar muka elektrode kulit (*noise artefak*).

Saran-saran untuk penyempurnaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Antarmuka dengan komputer memakai *port* seri sehingga bisa memakai komputer dengan kemampuan yang lebih baik
2. Tampilan paralel beberapa sandapan pada monitor, dilakukan memakai empat rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Penapisan dengan tapis takik bisa diperbaiki dengan memakai rangkaian osilator teredam.
4. Diperlukan kalibrasi akhir alat dengan kalibrator EKG untuk mengarah pada pemakaian alat secara komersial.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Aston, R. 1991. Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement. Maxwell Macmillan Publishing, Singapore.

2. Bronzino, J.D. 1995. The Biomedical Engineering Handbook. CRC Press & IEEE Press, Florida.
3. Crommwell, L. and F.J. Weibel. and E. A. Pfeiffer. 1980. Biomedical Instrumentation and Measurement. Prentice-Hall, Inc., New Jersey
4. Coughlin, R. F. and F. F. Driscoll. dan W. H. Soemitro (penterjemah). 1985. Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear. Erlangga, Jakarta.
5. Embree, P.M. dan K. Bruce. 1991. C Language Algorithms for Digital Signal Processing. Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
6. Firmansyah, D. 2003. Akuisisi Data EKG Berbasis Komputer. UGM, Yogyakarta
7. Gayakwad, R. A. 1993. Op-Amp and Linear Integrated Circuit. Prentice –Hall, Inc., New Jersey.
8. Kadir, A. 2001. Dasar Pemrograman Delphi 5.0. Andi, Yogyakarta.
9. National Semiconductor, 1995. National Data Acquisition Databook. California
10. Putra, A.E. 2002. Penapis Aktif Elektronika. C.V. Gava Media, Yogyakarta.
11. Steeman, J.P.M. 1988. Data Sheet Book 2. PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
12. Webster, J.G. 1978. Medical Instrumentation Application and Design. Houghton Mifflin Company, Boston.
13. Widodo, T. S. 2000. Instrumentasi Sistem Hayati. UGM, Yogyakarta.
14. ...., <http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/37-11/ecg>.
15. ...., <http://www.picotech.com/application/ecg.html> yang