

Rancang Bangun Alat Fonokardiograf berbasis *Personal Computer* (PC)

Irmayani & Dody Hermawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Sains Dan Teknologi Nasional Jakarta

ir.irmayano@gmail.com

ABSTRACT:

Fonokardiograf is an instrument to record the sound of heart pumping activity. These voices express indication of the rate of the heart that is useful to provide information about the effectiveness of the pumping activity of the heart and heart valves. Until now, the instrument used for the clinical detection of heart sounds are acoustic stethoscope. Acoustic stethoscope has a weakness, that depends on each doctor's hearing so that the diagnosis can vary because of the sensitivity of the ear every doctor is different.

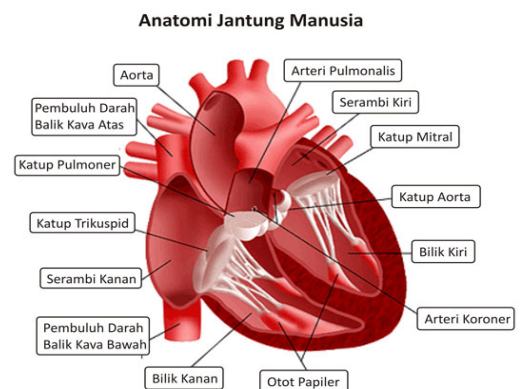
The development of an electronic stethoscope is an acoustic stethoscope that can record sound on the intensity of the small and the great frequency, with an electronic stethoscope differences in physician diagnosis can be reduced with the addition of an amplifier, so that a small sound can be amplified up to be heard clearly by the examining physician. But with an electronic stethoscope, doctors have not been able to solve the problems that exist because of physical abnormalities of the heart can not be detected with certainty only by relying on sound is heard. Therefore, in this thesis will be discussed on a PC-based tool fonokardiograf where the tool is the analysis of heart sounds can be displayed in the form of sound and graphics to the monitor.

Keywords: *Heart Sound, fonokardiograf, stethoscope, output Personal Computer*

1. Pendahuluan

Fonokardiograf adalah instrumen yang digunakan untuk merekam suara yang berkaitan dengan aktifitas pemompaan jantung, suara-suara ini menyatakan indikasi laju jantung dan ritme dari jantung. Suara-suara ini juga berguna untuk memberikan informasi tentang efektifitas pemompaan jantung dan aktifitas dari katup-katup jantung. Suara-suara jantung secara diagnostic ada korelasinya dengan sifat-sifat fisik dari jantung itu sendiri. Sampai saat ini, instrument yang digunakan untuk deteksi secara klinik suara jantung adalah stetoskop akustik. Stetoskop akustik mempunyai kelemahan, yaitu tergantung dari pendengaran masing-masing dokter. Diagnosa masing-masing dokter dapat berbeda-beda meskipun sedikit. Ini karena kepekaan dari telinga tiap-tiap dokter berbeda.

Lapisan pertama menempel sangat erat kepada jantung, sedangkan lapisan luarnya lebih longgar dan berair, untuk menghindari gesekan antar organ dalam tubuh yang terjadi karena gerakan memompa konstan jantung.



Gambar 1. Anatomi jantung manusia

2. TEORI DASAR

2.1 Jantung

Jantung adalah suatu rongga, organ berotot yang memompa darah lewat pembuluh darah oleh kontraksi berirama yang berulang. Jantung adalah salah satu organ yang berperan dalam sistem peredaran darah.

Jantung hampir sepenuhnya diselubungi oleh paru-paru, namun tertutup oleh selaput ganda yang bernama *perikardium*, yang tertempel pada diafragma.

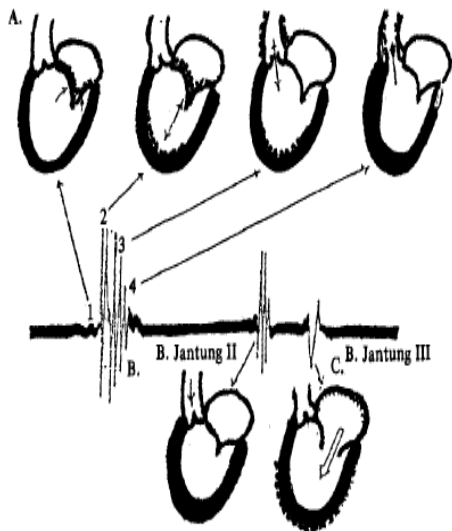
2.1.1 Denyut Jantung

Denyut jantung terjadi akibat kontraksi otot-otot ventrikel, yang menyebabkan darah yang mengandung banyak O_2 dipompa ke seluruh tubuh. Irama dan denyut jantung sesuai dengan siklus jantung. Jika jumlah denyut jantung 70 bpm (beat per menit) maka siklus jantung 70 kali tiap menit. Kecepatan denyut jantung seseorang dalam keadaan sehat berbeda-beda,

dipengaruhi cara hidup, pekerjaan, makanan, umur, emosi, serta aktifitas fisik pada saat diperiksa. Kecepatan normal denyut jantung orang dewasa pada keadaan istirahat adalah 60-80 bpm.

2.1.2 Bunyi Jantung

Detak jantung menghasilkan 2 suara yang berbeda yang dapat didengarkan pada stetoskop yang sering dinyatakan dengan *lub-dub*. Suara *lub* disebabkan oleh penutupan katup *tricuspid* dan *mitral* (*atrioventrikular*) yang memungkinkan aliran darah dari serambi jantung (*atria*) ke bilik jantung (*ventricle*) dan mencegah aliran balik.



Gambar 2. Skematik Berbagai Bunyi Jantung

Umumnya hal ini disebut suara jantung pertama (S1), yang terjadi hampir bersamaan dengan timbulnya QRS dari elektrokardiogram dan terjadi sebelum periode jantung berkontraksi (*systole*).

2.1.3 Auskultasi

Di dunia kedokteran, teknik untuk mendengar suara yang terjadi di dalam tubuh disebut sebagai auskultasi. Dalam melakukan auskultasi alat yang biasa digunakan adalah stetoskop. Auskultasi biasa digunakan untuk memeriksa sistem kardiovaskular, sistem pernafasan dan juga sistem gastrointestinal. Dalam melakukan auskultasi diperlukan pengalaman klinis yang memadai, serta kemampuan pendengaran yang baik. Hal ini karena ada beberapa suara yang terdengar samar-samar atau teredam ketika auskultasi dilakukan dengan stetoskop akustik konvensional. Juga diperlukan pengalaman klinis dalam menentukan area auskultasi pada permukaan tubuh.

Tempat auskultasi pada tubuh ada berbagai macam sesuai jenis auskultasi yang dilakukan.

2.2 Stetoskop

Stetoskop berfungsi untuk menangkap suara yang berasal dari dalam tubuh. Stetoskop ditemukan pada tahun 1816 oleh Rene Theophile Hyacinthe Laennec. Saat pertama kali diperkenalkan berbentuk tabung yang terbuat dari kayu dan hanya dapat didengar oleh satu telinga saja (*monaural*). Stetoskop yang dapat didengar oleh kedua telinga (*binaural*) ditemukan oleh Arthur Leared pada 1851 dan yang berkembang menjadi stetoskop konvensional yang digunakan pada saat ini.

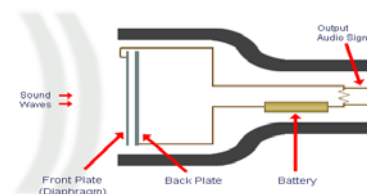


Gambar 3. Stetoskop

2.3 Komponen Dasar

2.3.1 Mic Kondensor

Mikrofone merupakan transduser yang mengubah suara menjadi sinyal elektrik. Microphone menangkap gelombang suara dengan diafragma atau pita yang tipis dan fleksibel. Getaran diafragma kemudian diubah menjadi sinyal elektrik berbentuk analog.



Gambar 4. Mic Kondensor

2.3.2 Konfigurasi IC ADC

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC

digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer).

ADC memiliki 2 karakter prinsip, yaitu **kecepatan sampling** dan **resolusi**. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam sample per second (SPS).

Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi.

2.3.3 Mikrokontroler Target AT89S51

IC Mikrokontroler AT89S51 adalah komponen produksi atmel berorientasi pada control dengan level logika CMOS. Komponen ini termasuk keluarga MCS-51. Rangkaian integrasi tersebut memiliki perlengkapan single chip mikrokomputer. Perlengkapan yang dimaksud adalah CPU (Central Processing Unit) yang terdiri dari komponen yang saling berhubungan dengan komponen yang lain. Diantaranya Register, ALU (Arithmetic Logic Unit), Unit Pengendali. Masing-masing mempunyai fungsi yang berbeda-beda

Mikrokontroler AT89C51 memiliki beberapa fasilitas antara lain :

- Flash program memori ROM internal sebesar 4Kbyte. Dengan flash EPROM ini mikrokontroler mampu memprogram dan dihapus hingga 1000 kali.
- Memori data RAM internal sebesar 128 Byte.
- Kemampuan kerja clock internal dari 0 hingga 24 MHz.
- Terdapat 2 buah timer/ counter yang dapat dipakai hingga 16 bit.
- Kemampuan mengamati memori program dan data maksimum 64 Kbyte eksternal.
- Dua tingkat prioritas interupsi. Lima buah interupsi, yaitu 2 buah interupsi eksternal dan 3 buah interupsi internal.
- Empat buah I/O masing-masing 8 bit. Port serial full duplex UART (Universal

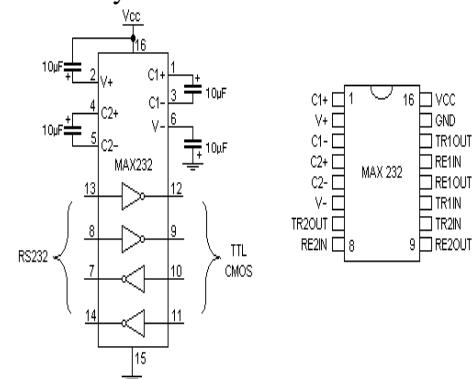
Asynchronous Receive Transmit), dengan kemampuan pendeteksi kesalahan.

h. Mode pengontrolan daya, yaitu :

- Mode Idle (daya akan berkurang jika CPU dikehendaki stand by).
- Mode Power Down (oscillator berhenti yang berarti daya akan berkurang karena intruksi yang dieksekusi menghendaki power down).

2.3.4 Komunikasi Serial MAX 232 Serial Communication RS 232

Mikrokontroler dapat dikomunikasikan secara paralel dan secara serial. Pada pembuatan modul ini nanti penulis akan mengkomunikasikan IC mikrokontroler dengan sebuah PC secara serial dengan memanfaatkan IC MAX 232, karena IC ini memang berfungsi untuk mengubah arus tegangan TTL menjadi arus tegangan logika komputer (RS 232) dan sebaliknya.



Gambar 5. Konfigurasi Pin IC MAX 232

2.3.5 Personal Computer

PC yang merupakan peralatan diluar interface fonokardiograf diperlukan untuk menampilkan bentuk gelombang sinyal suara jantung untuk diamati oleh paramedis. Dengan bantuan software yang dibuat, PC dapat membantu untuk menganalisa informasi apa saja yang tersembunyi didalam gelombang sinyal suara jantung. Data ini dapat pula disimpan dalam memory dalam bentuk 'file' atau dicetak oleh 'printer' yang terhubung dengan PC.

2.3.6 Pemrograman Delphi

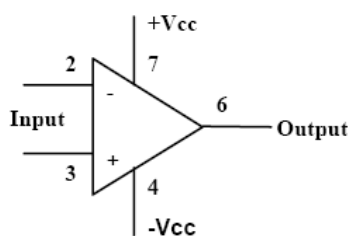
Borland Delphi adalah perangkat lunak untuk menyusun program aplikasi yang berdasarkan bahasa pemrograman pascal dan bekerja dalam penyempurnaan dari program pascal. Borland Delphi merupakan suatu bahasa pemrograman yang

memberikan berbagai fasilitas pembuatan aplikasi visual. Keunggulan bahasa pemrograman ini terletak pada produktivitas, kualitas pengembangan perangkat lunak, kecepatan kompilasi, pola desain yang menarik serta diperkuat dengan pemrogramannya yang terstruktur. Keunggulan lain dari Delphi adalah dapat digunakan untuk merancang program aplikasi yang memiliki tampilan seperti program aplikasi lain yang berbasis windows.

2.3.7 Oprasional OP AMP

Operasional Amplifier adalah suatu rangkaian penguat loop tertutup yang berfungsi untuk memperkuat tegangan masukan diferensial secara akurat. Salah satu ciri penguat ini adalah mempunyai impedansi masukan yang besar sehingga tidak membebani sumber yang akan dikuatkan. Penguat ini mempunyai dua jalan masukan tak membalik dan jalan masukan membalik, sedangkan keluarannya berupa penguatan yang besarnya ditentukan oleh perbandingan tahanan yang bekerja pada Op-amp tersebut.

Op Amp merupakan piranti yang mampu memperkuat sinyal masukan baik masukan DC maupun AC. Dalam suatu penggunaan, Op Amp tidak bertindak sebagai penguat saja melainkan dapat bertindak sebagai suatu piranti yang memberitahukan bila suatu tegangan diatas atau dibawah atau tepat sama dengan suatu tegangan acuan yang diketahui.

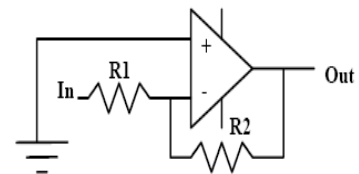


Gambar 6. Simbol OP AMP

Keluaran dari Op Amp tergantung sinyal masukannya, jika sinyal masukan ke masukan Pin tak membalik Op-amp (*non inverting*) maka keluaran dari penguat akan sefasa dengan sinyal masukannya, apabila sinyal masukannya ke masukan Pin membalik (*inverting*) maka keluarannya akan berlawanan fasa dengan sinyal masukannya.

2.3.8 Inverting Amplifier

Penguat inverting, sumber isyarat dihubungkan dengan masukan negatif (-).



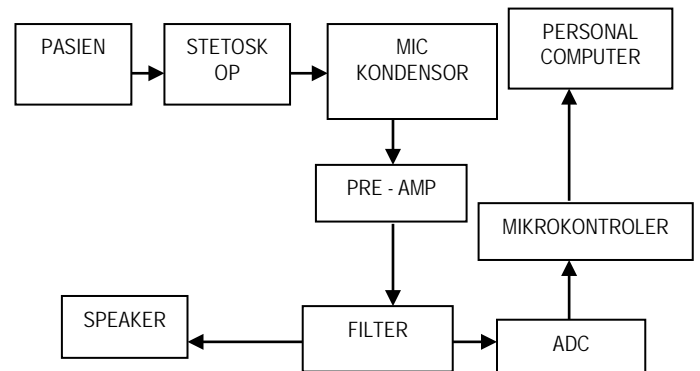
Gambar 7. Penguat *Inverting*

2.3.9 Sistematika Pengukuran

Pada pengukuran, sinyal suara jantung diganti dengan input *function*. Pengukuran ini dilakukan beberapa kali kemudian hasil pengukuran tersebut di bandingkan dengan angka *standart* dari alat yang ECG Recorder dan dicari berapa nilai *Rata - rata dan Koreksi*

3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA RANGKAIAN

3.1 Diagram Blok Alat Fonokardiograf



Gambar 8. Diagram Blok Alat Fonokardiograf

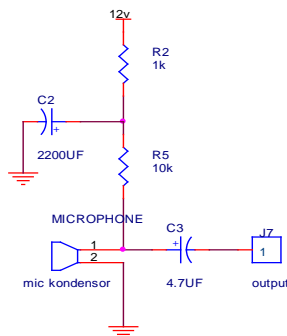
Penerima sinyal berfungsi untuk menangkap suara jantung dari pasien. Suara ditangkap kepala stetoskop kemudian diubah menjadi sinyal listrik oleh mikrofone. Sinyal listrik tersebut menjadi masukkan bagi perangkat keras. Perangkat keras merupakan rangkaian pengolah sinyal yang terdiri penguat dan filter untuk sinyal suara jantung serta penguat daya yang kemudian suara jantung dikeluarkan pada speaker. Output dari filter juga digunakan untuk inputan ADC (analog to digital converter) yang kemudian outputnya diolah oleh mikrokontroler, setelah itu RS 232 mengirimkan data ke komputer sehingga hasil grafik dapat ditampilkan pada

Personal Computer melalui pemrograman Delphi.

3.2 Rangkaian Penerima

Pada rangkaian Fonokardiograf terdapat filter LPF dengan cut off 120 hz. Input Function diletakkan pada input positive dari rangkaian penerima, dengan tidak memasang mic kondensor terlebih dahulu.

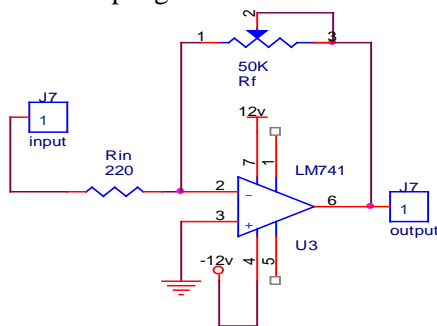
Pada rangkaian penerima R2 sebagai pembatas arus. Tegangan R2 dengan microphone dapat berubah-ubah dan dideteksi sebagai sinyal suara. Capacitor C2 berfungsi mengkopling tegangan DC dan meloloskan sinyal suara yang ditangkap microphone.



Gambar 9. Rangkaian Penerima

3.3 Rangkaian Inverting Amplifier

Membran stetoskop menangkap sinyal suara jantung kemudian mic kondensor yang telah di masukkan ke dalam ujung saluran udara pada stetoskop akan memberikan inputan pada rangkaian penerima, setelah itu signal masuk pada rangkaian Inverting Amplifier pada pin 2 IC 741 dan sinyal suara jantung dikuatkan sebesar -76x penguatan.

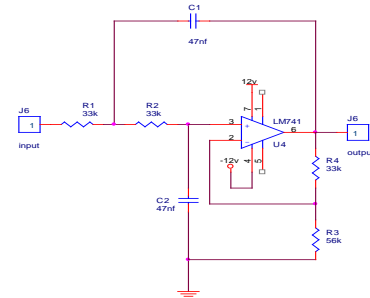


Gambar 10. Rangkaian Inverting Amplifier

3.4 Rangkaian Low Pass Filter Butterworth Orde 2

Low pass filter adalah rangkaian Op-Amp yang digunakan untuk melewati sinyal frekuensi rendah dan menekan sinyal frekuensi tinggi. Kelebihan Rangkaian LPF

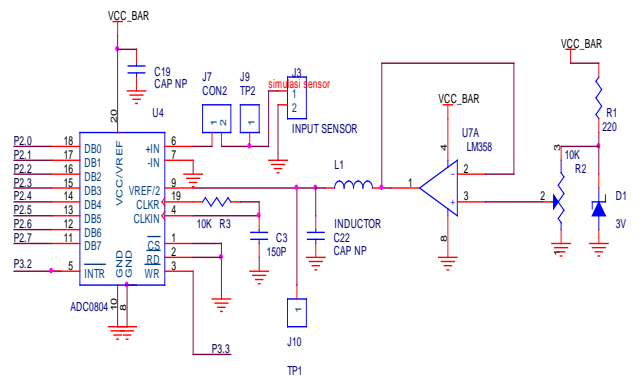
Butterworth orde 2 ini memiliki kemiringan 40db pada cut off-nya dengan hanya memerlukan 1 op-amp saja. Dan tidak terdapat ripple dibandingkan LPF orde 2 yang lainnya.



Gambar 11. Rangkaian LPF Butterworth

Karena frekuensi suara jantung mulai dari 20 hz – 120 hz dan agar tidak terganggu oleh referensi frekuensi dari luar maka setelah penguatan inverting diinputkan ke *butterworth low pass filter orde2* dengan frekuensi cut off (F_c) 120 hz, penguatan (A_c) 1.6x dan faktor kualitas (Q) 0.71.

3.5 Rangkaian ADC



Gambar 12. Rangkaian ADC 0804

Pada rangkaian ADC terdapat rangkaian buffer yang difungsikan untuk mempertahankan tegangan referensi sebesar 2.5 dan sebuah dioda Zener agar tegangan tidak lebih dari 3V. Output buffer terdapat induktor dan kapasitor yang disusun paralel agar hanya frekuensi rendah yang masuk dan memblok frekuensi tinggi. Sehingga tegangan referensi tetap stabil, karena apabila tegangan referensi tidak stabil dapat mempengaruhi pengolahan data pada ADC.

3.6 Rangkaian Mikrokontroler Target AT89S51

Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data signal suara jantung yang telah dikonversi oleh ADC. Mikrokontroler yang digunakan dalam sistem ini adalah IC mikrokontroler AT89S51. Sistem minimum mikrokontroler AT89S51 membutuhkan catu daya 5V (4.0 – 5,5V) dan terdiri atas sebuah *X-tall* 11,0592 MHz serta dua buah kapasitor 30 pF untuk membentuk sebuah rangkaian osilator internal yang berfungsi sebagai pendetak (*clock*), agar mikrokontroler dapat bekerja dengan baik. Sistem minimum ini juga dilengkapi dengan rangkaian *power on reset* supaya terjadi *reset* sistem pada saat mikrokontroler dihidupkan. Rangkaian *power on reset* terdiri dari sebuah resistor 1 k Ω dan sebuah elektrolit kondensator 10 μ F / 16 V.

3.7 Diagram Alir Program Mikrokontroler

Saat Start, signal diproses oleh pengolah signal. Agar data dapat diproses oleh ADC maka inialisasi fungsi serial pada boudrate 2400 dan komunikasi mode1. ADC akan mengolah data signal Fonokardiograf menjadi data digital untuk dapat dikirim ke port serial. Proses selesai (Gambar 3.8 Diagram Alir Pengambilan Data ADC)

Saat Start proses dimulai dan terjadi inialisasi komunikasi serial dengan boudrate 2400, data yang dikirim sebanyak 8 bit dengan no paritas dan 1 stop bit. Selanjutnya mengambil data yang telah dikirim melalui port serial. Data tersebut diolah dalam pemrograman Delphi dan disimpan sementara,

Kemudian ditampilkan ke layar monitor. Proses selesai.

3.8 Rangkaian Fonokardiograf

Sinyal suara jantung yang ditangkap oleh mickondensor yang berada didalam stetoskop berupa sinyal listrik, dimana sinyal ini menjadi inputan rangkaian inverter amplifier dan pada rangkaian ini sinyal tersebut dikuatkan menjadi -76X. Keluaran dari rangkaian inverter aplifier ini akan di filter untuk mendapatkan sinyal frekuensi yang rendah, karena frekuensi suara jantung berada pada frekuensi 20 Hz – 120 Hz dan agar tidak terganggu oleh gangguan frekuensi luar maka rangkaian filternya menggunakan butterworth low pass filter ordo 2.

Sinyal suara jantung ini akan dirubah menjadi data digital pada rangkaian ADC dan pada rangkaian ini juga terdapat rangkaian buffer yang berfungsi untuk mempertahankan tegangan referensi, agar pada proses pengolahan data analog menjadi digital tetap stabil. Dan sebuah dioda zener yang berfungsi untuk mempertahankan tegangan 3 V.

Mikrokontroler berfungsi mengelola data sinyal suara jantung yang telah dikonversikan oleh ADC.

4. PENGUKURAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian dan Pengukuran Alat

Tujuan dari pengukuran dan pengujian adalah untuk mengetahui ketepatan dari pembuatan modul dan memastikan apakah masing – masing komponen dari rangkaian modul yang dimaksud sudah bekerja sesuai dengan fungsinya seperti yang telah direncanakan

Pengujian dan pengukuran modul ini dilakukan langsung pada pasien dan dibantu dengan menggunakan peralatan yang ECG Recorder sebagai pembanding pulsa ECG.

4.2 Pengukuran Output Rangkaian Fonokardiograf

Setelah dilakukan uji coba dan pengukuran maka didapat data pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Pada Osiloskop

Input Function	Hasil Pengukuran Frekuensi					Rata-rata	Kesalahan (%)
	I	II	III	IV	V		
30 Hz	30	30	30	30	29	29.8	0.66
50 Hz	50	50	50	51	50	50.2	0.4
70 Hz	70	70	70	71	70	70.2	0.28

Tabel 2. Hasil Pengukuran Pada Delphi

Input Function	Hasil Pengukuran Frekuensi					Rata-rata	Kesalahan (%)
	I	II	III	IV	V		
30 Hz	31	33	31	29	33	31.4	4.6
50 Hz	52	53	53	52	51	52.2	4.4
70 Hz	71	71	67	71	67	69.4	0.857

V. SIMPULAN

Setelah melakukan proses perancangan, percobaan, pengujian alat maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisa pengukuran frekuensi dengan menggunakan input function gelombang sinus pada Delphi dan pada Osiloskop, diperoleh hasil rata-rata kesalahan sebesar 3.28% dan 0.14%:
2. Fonokardiograf berbasis Personal Computer (PC) ini dapat menggantikan Stetoskop Konvensional sehingga dokter lebih akurat dalam mendiagnosa pasien, dimana hasil dari analisa perbandingan antara alat rancang bangun fonokardiograf dengan EKG recorder dengan menggunakan pasien keluarannya mempunyai kesalahan rata – rata kurang dari 29 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cahyono Yoyok, dkk, *Rekayasa Biomedik Terpadu Untuk Mendeteksi Kelainan Jantung*, ITS, Surabaya
2. Malvino Paul Albert, *Prinsip – prinsip elektronika*, Edisi Ketiga, Jilid 1 Erlangga, Jakarta 1992
3. Rante lande dan JM Ch. Pelupessy, *Bunyi Jantung*, Universitas hasanuddin, Padang, 1989
4. Kusnassriyanto, *Belajar Pemrograman Delphi*, Penerbit Modula.
5. Robert F. Coughlin Fredrick F. Driscoll, Herman widodo Soemitro. Ir. Penerjema, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Edisi Kedua, Jilid 1 Erlangga.
6. Mervin J. Goldman & Nora Goldschlager, Adji dharma Penerjema, *Goldman elektrokardiografi*, Edisi Kedua, Widya Medika.
7. Yul Antonisfia dan Romi Wiryadinata, *Ekstraksi Ciri Pada Isyarat Suara Jantung Menggunakan Power Spectral Density Berbasis Metode Welch*, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta, 2008
8. www.alldatashett.com 19 Juli 2012
9. www.Cardiac_BasicPhysiology.com 3 Juli 2012
10. www.mytutorialcafe.co.id 7 Juli 2012