

**ELECTROCARDIOGRAPH 6 LEAD
BERBASIS ARDUINO**

TUGAS AKHIR

Diajukan Kepada Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk
Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)
Program Studi D3 Teknologi Elektro-medis



Oleh

Yonna Yuliant

20163010029

**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI ELEKTRO-MEDIS
PROGRAM VOKASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2020**

TUGAS AKHIR
ELECTROCARDIOGRAPH 6 LEAD
BERBASIS ARDUINO

Dipersiapkan dan disusun oleh

Yonna Yuliant
20163010029

Telah Dipertahankan Didepan Dewan Penguji

Pada tanggal : 26 Desember 2019

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Hanifah Rahmi Fajrin, S.T., M.Eng.
NIK. 19890123201604183014

Heri Purwoko, S.T.
NIP. 198008182006041009

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknologi Elektro-medis

Meilia Safitri, S.T., M.Eng.
NIK. 19900512201604183015

Tugas Akhir ini Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md)

Tanggal : 26 Desember 2019

Susunan Dewan Penguji

	Nama Penguji	Tanda Tangan
1. Ketua Penguji	: Hanifah Rahmi Fajrin, S.T., M.Eng
2. Penguji Utama	: Wisnu Kartika, S.T., M.Eng
3. Sekretaris Penguji	: Heri Purwoko, S.T.

Yogyakarta, 28 Desember 2019

PROGRAM VOKASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
DIREKTUR

Dr. Bambang Jatmiko, S.E., M.Si.
NIK. 19650601201210143092

PERNYATAAN

Penulis menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat Profesi Ahli Madya atau gelar kesarjanaan pada suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan penulis juga tidak terdapat pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 30 Desember 2018

Yang Menyatakan,

Yonna Yuliant

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Electrocardiograph 6 *Lead* Berbasis Arduino”. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar *Ahli Madya* pada Program Studi D3 Teknologi Elektro-medis Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan laporan tesis ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari beberapa pihak. Penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Dr. Bambang Jatmiko, S.E., M.Si., selaku Direktur Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan Meilia Safitri, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi D3 Teknologi Elektro-medis Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang memberikan izin kepada penulis untuk belajar.
2. Hanifah Rahmi Fajrin, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing Satu, dan Heri Purwoko, S.T., selaku dosen pembimbing Kedua, yang telah dengan penuh kesadaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan terbaik kepada penulis.

3. Para Dosen Program Studi D3 Teknologi Elektro-medis Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
4. Para Karyawan/wati Program Studi D3 Teknologi Elektro-medis Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam proses belajar.
5. Yahyo Abdul Rojak, S.ST., M.M., selaku Direktur PT. Sarana Husada, dan Dhany Ayu W.A, A.md.A.K., selaku Manager Laboratorium Klinik Nam Healthcare Group, yang telah memberikan dorongan dan memberikan izin kepada penulis untuk menuntut ilmu.
6. Orang tua penulis yang selalu memberikan semangat dan kesabaran, serta doa untuk selalu berjuang menjalani hidup, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan sebaik-baiknya.
7. Seluruh teman-teman dan sahabat di keluarga besar TEM UMY angkatan 2016 dan organisasi HIMATEM UMY, yang telah membantu memberikan semangat dan dorongan dalam proses pembuatan tugas akhir.
8. Para Laboran Laboratorium Teknologi Elektro-medis Program Vokasi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, yang tak lelah memberikan ilmu, membantu, memberikan masukan dan pendapat, serta memotivasi dalam proses pembuatan tugas akhir.
9. Para Karyawan/wati PT. Sarana Husada dan Laboratorium Klinik Nam Healthcare Group, yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis untuk menuntut ilmu.

10. Sahabat-sahabat penulis, yang selalu menghibur, memberikan waktu berbagi cerita, berbagi canda, memberikan motivasi dan menemani dalam proses pembuatan tugas akhir.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat dan memberikan wawasan tambahan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri.

Yogyakarta, 30 Desember 2018

Yonna Yuliant

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
ABSTRAK	xxx
ABSTRACT	xxxı
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.4.1 Tujuan Umum	4
1.4.2 Tujuan Khusus	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Teoritis	5
1.5.2 Manfaat Praktis	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Jantung	10

2.2.2	<i>Electrocardiography (ECG)</i>	11
2.2.3	Sadapan EKG	12
2.2.4	Sinyal EKG	14
2.2.5	Arduino	16
2.3	Tinjauan Komponen	16
2.3.1	Arduino Nano	16
2.3.2	LCD TFT	18
2.3.3	<i>Instrument Amplifier</i>	18
2.3.4	<i>Non-Inverting Amplifier</i>	20
2.3.5	<i>High Pass Filter</i>	21
2.3.6	<i>Low Pass Filter</i>	23
2.3.7	<i>Notch Filter</i>	25
2.3.8	<i>Summing Adder</i>	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Diagram Blok Sistem	28
3.2	Diagram Alir Sistem	29
3.3	Diagram Mekanik Alat	31
3.4	Rangkaian Sistem Keseluruhan	32
3.4.1	Rangkaian <i>Input Lead</i> Unipolar dan TFT	32
3.4.2	Rangkaian <i>Lead I</i>	35
3.4.3	Rangkaian <i>Lead II</i>	38
3.4.4	Rangkaian <i>Lead III</i>	41
3.4.5	Rangkaian <i>Lead AVR</i>	44

3.4.6	Rangkaian <i>Lead</i> AVL	47
3.4.7	Rangkaian <i>Lead</i> AVF	50
3.5	<i>Listing</i> Program	52
3.5.1	<i>Listing</i> Program Pengolah ADC (Arduino TX)	52
3.5.2	<i>Listing</i> Program Penerimaan Data <i>Serial</i> dan <i>Parsing</i> (Pemisahan) Data (Arduino RX)	54
3.5.3	<i>Listing</i> Program Pengolahan Grafik (Arduino RX)	55
3.5.4	<i>Listing</i> Program BPM (Arduino TX)	63
3.6	Alat dan Bahan	64
3.6.1	Alat	65
3.6.2	Bahan	65
3.7	Teknik Analisis Data	66
3.6.1	Rata-Rata	66
3.6.2	<i>Error</i>	67
3.8	Teknik Pengujian	67
3.9	Waktu dan Tempat Pembuatan Rancangan	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		69
4.1	Spesifikasi ECG Rancangan	69
4.2	Spesifikasi Alat Penguji	72
4.2.1	<i>Phantom</i> ECG	72
4.2.2	ECG Standar	74
4.3	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Instrument Amplifier</i>	75
4.3.1	<i>Output</i> Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead I</i>	75

4.3.2	<i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II</i>	78
4.3.3	<i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead III</i>	80
4.3.4	<i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR</i>	83
4.3.5	<i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL</i>	85
4.3.6	<i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVF</i>	88
4.4	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz	90
4.4.1	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead I</i>	90
4.4.2	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead II</i>	93
4.4.3	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead III</i>	95
4.4.4	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead AVR</i>	97
4.4.5	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead AVL</i>	100
4.4.6	<i>Output Rangkaian High Pass Filter</i> Aktif -20dB	
	0,031 Hz <i>Lead AVF</i>	102
4.5	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> Aktif -40dB	
	106,157Hz	104
4.5.1	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter</i> Aktif -40dB	
	106,157Hz <i>Lead I</i>	105

4.5.2	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Aktif -40dB</i>	
	106,157Hz <i>Lead II</i>	107
4.5.3	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Aktif -40dB</i>	
	106,157Hz <i>Lead III</i>	110
4.5.4	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Aktif -40dB</i>	
	106,157Hz <i>Lead AVR</i>	113
4.5.5	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Aktif -40dB</i>	
	106,157Hz <i>Lead AVL</i>	116
4.5.6	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Aktif -40dB</i>	
	106,157Hz <i>Lead AVF</i>	119
4.6	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309Hz	122
4.6.1	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead I</i>	123
4.6.2	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead II</i>	125
4.6.3	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead III</i>	127
4.6.4	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead AVR</i>	130
4.6.5	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead AVL</i>	132
4.6.6	<i>Output Rangkaian Notch Filter</i> 48,309Hz <i>Lead AVF</i>	134
4.7	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> Pasif -40dB	
	106,157Hz	137
4.7.1	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter</i> Pasif -40dB 106,157Hz	
	<i>Lead I</i>	137
4.7.2	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter</i> Pasif -40dB 106,157Hz	
	<i>Lead II</i>	140

4.7.3	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz</i>	
	<i>Lead III</i>	142
4.7.4	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz</i>	
	<i>Lead AVR</i>	145
4.7.5	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz</i>	
	<i>Lead AVL</i>	148
4.7.6	<i>Output Rangkaian Low Pass Filter Pasif -40dB 106,157Hz</i>	
	<i>Lead AVF</i>	151
4.8	Hasil Pengukuran Rangkaian <i>High Pass Filter</i> Aktif	
	-20dB 0,31Hz	154
4.8.1	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead I</i>	155
4.8.2	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead II</i>	157
4.8.3	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead III</i>	159
4.8.4	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead AVR</i>	162
4.8.5	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead AVL</i>	164
4.8.6	<i>Output Rangkaian High Pass Filter Aktif -20dB 0,31Hz</i>	
	<i>Lead AVF</i>	166
4.9	Hasil Pengukuran Sinyal ECG Terhadap <i>Phantom ECG</i>	169

4.9.1 Hasil Pengukuran Amplitudo Sinyal ECG Standar Pada Kertas EKG	169
4.9.2 Hasil Pengukuran Amplitudo Sinyal ECG Rancangan Pada <i>Oscilloscope</i>	174
4.10 Hasil Pengukuran Nilai BPM Terhadap <i>Phantom</i> ECG	182
4.10.1 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Standar Pada Kertas ECG ...	183
4.10.2 Hasil Pengukuran Nilai ECG Rancangan Pada <i>Oscilloscope</i>	183
4.11 Hasil Nilai BPM ECG Terhadap <i>Phantom</i>	184
4.11.1 Hasil Nilai BPM ECG Standar	184
4.11.2 Hasil Nilai BPM ECG Rancangan	187
4.12 Hasil Sinyal ECG Rancangan	190
4.12.1 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 0,5mv	190
4.12.2 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 1mv	191
4.12.3 Hasil Sinyal dan Nilai BPM ECG Rancangan Sensitivitas 2mv	192
4.13 Hasil Perbandingan Sinyal <i>Output</i> ECG Rancangan	193
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	198
5.1 Kesimpulan	198
5.2 Saran	199
DAFTAR PUSTAKA	201
LAMPIRAN	204

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino	16
Tabel 3.1 Alat	62
Tabel 3.2 Bahan	63
Tabel 4.1 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pada <i>Phantom</i>	69
Tabel 4.2 Standar Operasional Prosedur (SOP) Pada Pasien	70
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead I</i>	91
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead II</i>	94
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead III</i>	96
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVR</i>	98
Tabel 4.7 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVL</i>	101
Tabel 4.8 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVF</i>	103
Tabel 4.9 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead I</i>	106

Tabel 4.10 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db	
106,157 Hz <i>Lead II</i>	108
Tabel 4.11 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db	
106,157 Hz <i>Lead III</i>	111
Tabel 4.12 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db	
106,157 Hz <i>Lead AVR</i>	114
Tabel 4.13 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db	
106,157 Hz <i>Lead AVL</i>	117
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Aktif -40db	
106,157 Hz <i>Lead AVF</i>	120
Tabel 4.15 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead I</i>	124
Tabel 4.16 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead II</i>	126
Tabel 4.17 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead III</i>	128
Tabel 4.18 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead AVR</i>	131
Tabel 4.19 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead AVL</i>	133
Tabel 4.20 Hasil Pengukuran <i>Output Notch Filter 48,309 Hz Lead AVF</i>	135
Tabel 4.21 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	
106,157 Hz <i>Lead I</i>	138
Tabel 4.22 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	
106,157 Hz <i>Lead II</i>	141
Tabel 4.23 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	
106,157 Hz <i>Lead III</i>	143
Tabel 4.24 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	

106,157 Hz <i>Lead</i> AVR	146
Tabel 4.25 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	
106,157 Hz <i>Lead</i> AVL	149
Tabel 4.26 Hasil Pengukuran <i>Output Low Pass Filter</i> Pasif -40db	
106,157 Hz <i>Lead</i> AVF	152
Tabel 4.27 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> I	156
Tabel 4.28 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> II	158
Tabel 4.29 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> III	160
Tabel 4.30 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> AVR	163
Tabel 4.31 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> AVL	165
Tabel 4.32 Hasil Pengukuran <i>Output High Pass Filter</i> Aktif -20db	
0,031Hz <i>Lead</i> AVF	167
Tabel 4.33 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan	
Sensitivitas 0,5mv	172
Tabel 4.34 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan	
Sensitivitas 1mv	173
Tabel 4.35 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Standar Dengan	
Sensitivitas 2mv	173

Tabel 4.36 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 0,5mv	180
Tabel 4.37 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 1mv	181
Tabel 4.38 Hasil Pengukuran Tinggi Pulsa R ECG Rancangan Dengan Sensitivitas 2mv	181
Tabel 4.39 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Standar	183
Tabel 4.40 Hasil Pengukuran Nilai BPM ECG Rancangan	184
Tabel 4.41 Hasil Tampilan Nilai BPM Pada ECG Standar	187
Tabel 4.42 Hasil Tampilan Nilai BPM ECG Rancangan	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Jantung	9
Gambar 2.2 <i>Lead</i> Pada Tubuh	11
Gambar 2.3 Penempatan Elektroda	11
Gambar 2.4 Sadapan <i>Bipolar</i>	12
Gambar 2.5 Sadapan <i>Unipolar</i>	13
Gambar 2.6 Ilustrasi Terbentuknya Gelombang Denyut Jantung	13
Gambar 2.7 Bentuk Gelombang Normal EKG	14
Gambar 2.8 Arduino Nano	16
Gambar 2.9 LCD TFT	17
Gambar 2.10 Rangkaian <i>Instrument Amplifier</i>	18
Gambar 2.11 IC AD620	18
Gambar 2.12 Rangkaian Instrumentasi IC AD620	19
Gambar 2.13 Rangkaian <i>Non-Inverting Amplifier</i>	20
Gambar 2.14 Rangkaian <i>High Pass Filter</i>	21
Gambar 2.15 Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> Pasif	22
Gambar 2.16 Rangkaian <i>Low Pass Filter</i> Aktif	23
Gambar 2.17 Rangkaian <i>Notch Filter</i>	24
Gambar 2.18 Rangkaian <i>Summing Amplifier</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	27
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem	28

Gambar 3.3 Diagram Mekanik Alat	30
Gambar 3.4 <i>Input Lead Unipolar</i> dan TFT	32
Gambar 3.5 Rangkaian <i>Lead I</i>	35
Gambar 3.6 Rangkaian <i>Lead II</i>	38
Gambar 3.7 Rangkaian <i>Lead III</i>	41
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Lead AVR</i>	44
Gambar 3.9 Rangkaian <i>Lead AVL</i>	47
Gambar 3.10 Rangkaian <i>Lead AVF</i>	50
Gambar 4.1 <i>Electrocardiograph 6 Lead</i> Berbasis Arduino	69
Gambar 4.2 <i>Phantom ECG</i>	73
Gambar 4.3 ECG Standar	74
Gambar 4.4 Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead I</i>	75
Gambar 4.5 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead I</i> Sensitivitas 0,5mv	76
Gambar 4.6 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead I</i> Sensitivitas 1mv	76
Gambar 4.7 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead I</i> Sensitivitas 2mv	77
Gambar 4.8 Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead II</i>	78
Gambar 4.9 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II</i> Sensitivitas 0,5mv	78
Gambar 4.10 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II</i>	

Sensitivitas 1mv	79
Gambar 4.11 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead II</i>	
Sensitivitas 2mv	79
Gambar 4.12 <i>Rangkaian Instrument Amplifier Lead III</i>	80
Gambar 4.13 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead III</i>	
Sensitivitas 0,5mv	81
Gambar 4.14 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead III</i>	
Sensitivitas 1mv	81
Gambar 4.15 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead III</i>	
Sensitivitas 2mv	82
Gambar 4.16 <i>Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR</i>	83
Gambar 4.17 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR</i>	
Sensitivitas 0,5mv	83
Gambar 4.18 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR</i>	
Sensitivitas 1mv	84
Gambar 4.19 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVR</i>	
Sensitivitas 2mv	84
Gambar 4.20 <i>Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL</i>	85
Gambar 4.21 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL</i>	
Sensitivitas 0,5mv	86
Gambar 4.22 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL</i>	
Sensitivitas 1mv	86
Gambar 4.23 <i>Output Rangkaian Instrument Amplifier Lead AVL</i>	

Sensitivitas 2mv	87
Gambar 4.24 Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead AVF</i>	88
Gambar 4.25 <i>Output</i> Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead AVF</i>	
Sensitivitas 0,5mv	88
Gambar 4.26 <i>Output</i> Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead AVF</i>	
Sensitivitas 1mv	89
Gambar 4.27 <i>Output</i> Rangkaian <i>Instrument Amplifier Lead AVF</i>	
Sensitivitas 2mv	89
Gambar 4.28 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead I</i>	91
Gambar 4.29 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead I</i>	92
Gambar 4.30 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead II</i>	93
Gambar 4.31 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead II</i>	94
Gambar 4.32 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead III</i>	95
Gambar 4.33 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead III</i>	97
Gambar 4.34 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVR</i>	98
Gambar 4.35 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead AVR</i>	99
Gambar 4.36 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVL</i>	100
Gambar 4.37 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead AVL</i>	101

Gambar 4.38 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVF</i>	102
Gambar 4.39 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz Aktif <i>Lead AVF</i>	104
Gambar 4.40 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead I</i>	105
Gambar 4.41 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead I</i>	107
Gambar 4.42 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead II</i>	108
Gambar 4.43 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead II</i>	110
Gambar 4.44 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead III</i>	111
Gambar 4.45 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead III</i>	113
Gambar 4.46 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead AVR</i>	114
Gambar 4.47 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead AVR</i>	116
Gambar 4.48 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead AVL</i>	117
Gambar 4.49 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead AVL</i>	119
Gambar 4.50 Rangkaian LPF Aktif -40db 106,157Hz <i>Lead AVF</i>	120
Gambar 4.51 Grafik Respon Frekuensi LPF Aktif -40db 106,157 Hz <i>Lead AVF</i>	122
Gambar 4.52 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead I</i>	123
Gambar 4.53 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	

<i>Lead I</i>	124
Gambar 4.54 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead II</i>	125
Gambar 4.55 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	
<i>Lead II</i>	127
Gambar 4.56 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead III</i>	128
Gambar 4.57 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	
<i>Lead III</i>	129
Gambar 4.58 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead AVR</i>	130
Gambar 4.59 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	
<i>Lead AVR</i>	131
Gambar 4.60 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead AVL</i>	132
Gambar 4.61 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	
<i>Lead AVL</i>	134
Gambar 4.62 Rangkaian <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz <i>Lead AVF</i>	135
Gambar 4.63 Grafik Respon Frekuensi <i>Notch Filter</i> 48,309 Hz	
<i>Lead AVF</i>	136
Gambar 4.64 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead I</i>	137
Gambar 4.65 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead I</i>	139
Gambar 4.66 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead II</i>	140
Gambar 4.67 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead II</i>	142
Gambar 4.68 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead III</i>	143

Gambar 4.69 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead III</i>	145
Gambar 4.70 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead AVR</i>	146
Gambar 4.71 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead AVR</i>	148
Gambar 4.72 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead AVL</i>	149
Gambar 4.73 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead AVL</i>	151
Gambar 4.74 Rangkaian LPF Pasif -40db 106,157Hz <i>Lead AVF</i>	152
Gambar 4.75 Grafik Respon Frekuensi LPF Pasif -40db 106,157 Hz	
<i>Lead AVF</i>	154
Gambar 4.76 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead I</i>	155
Gambar 4.77 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead I</i>	156
Gambar 4.78 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead II</i>	157
Gambar 4.79 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead II</i>	159
Gambar 4.80 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead III</i>	160
Gambar 4.81 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead III</i>	161
Gambar 4.82 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead AVR</i>	162
Gambar 4.83 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	

Aktif <i>Lead</i> AVR	163
Gambar 4.84 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead</i> AVL	164
Gambar 4.85 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead</i> AVL	166
Gambar 4.86 Rangkaian HPF Aktif -20db 0,031Hz <i>Lead</i> AVF	167
Gambar 4.87 Grafik Respon Frekuensi HPF Aktif -20db 0,031Hz	
Aktif <i>Lead</i> AVF	168
Gambar 4.88 <i>Print Out Lead</i> I, <i>Lead</i> II, <i>Lead</i> III Dengan	
Sensitivitas 0,5mv	169
Gambar 4.89 <i>Print Out Lead</i> AVR, <i>Lead</i> AVL, <i>Lead</i> AVF Dengan	
Sensitivitas 0,5mv	170
Gambar 4.90 <i>Print Out Lead</i> I, <i>Lead</i> II, <i>Lead</i> III Dengan	
Sensitivitas 1mv	170
Gambar 4.91 <i>Print Out Lead</i> AVR, <i>Lead</i> AVL, <i>Lead</i> AVF Dengan	
Sensitivitas 1mv	171
Gambar 4.92 <i>Print Out Lead</i> I, <i>Lead</i> II, <i>Lead</i> III Dengan	
Sensitivitas 2mv	171
Gambar 4.93 <i>Print Out Lead</i> AVR, <i>Lead</i> AVL, <i>Lead</i> AVF Dengan	
Sensitivitas 2mv	172
Gambar 4.94 <i>Lead</i> I Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	174
Gambar 4.95 <i>Lead</i> II Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	174

Gambar 4.96 <i>Lead</i> III Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	175
Gambar 4.97 <i>Lead</i> AVR Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	175
Gambar 4.98 <i>Lead</i> AVL Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	175
Gambar 4.99 <i>Lead</i> AVF Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	176
Gambar 4.100 <i>Lead</i> I Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	176
Gambar 4.101 <i>Lead</i> II Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	176
Gambar 4.102 <i>Lead</i> III Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	177
Gambar 4.103 <i>Lead</i> AVR Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	177
Gambar 4.104 <i>Lead</i> AVL Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	177
Gambar 4.105 <i>Lead</i> AVF Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	178
Gambar 4.106 <i>Lead</i> I Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	178
Gambar 4.107 <i>Lead</i> II Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	

<i>Oscilloscope</i>	178
Gambar 4.108 <i>Lead</i> III Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	179
Gambar 4.109 <i>Lead</i> AVR Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	179
Gambar 4.110 <i>Lead</i> AVL Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	179
Gambar 4.111 <i>Lead</i> AVF Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan	
<i>Oscilloscope</i>	180
Gambar 4.112 ECG Standar 40 BPM	185
Gambar 4.113 ECG Standar 60 BPM	185
Gambar 4.114 ECG Standar 80 BPM	186
Gambar 4.115 ECG Standar 100 BPM	186
Gambar 4.116 ECG Standar 120 BPM	186
Gambar 4.117 ECG Rancangan 40 BPM	188
Gambar 4.118 ECG Rancangan 60 BPM	188
Gambar 4.119 ECG Rancangan 80 BPM	188
Gambar 4.120 ECG Rancangan 100 BPM	189
Gambar 4.121 ECG Rancangan 120 BPM	189
Gambar 4.122 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 0,5mv Pada Tampilan	
LCD TFT	190
Gambar 4.123 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 1mv Pada Tampilan	
LCD TFT	191

Gambar 4.124 Hasil Sinyal Dengan Sensitivitas 2mv Pada Tampilan LCD TFT	192
Gambar 4.125 <i>Lead I</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	194
Gambar 4.126 <i>Lead II</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	194
Gambar 4.127 <i>Lead III</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	194
Gambar 4.128 <i>Lead AVR</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	195
Gambar 4.129 <i>Lead AVL</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	195
Gambar 4.130 <i>Lead AVF</i> Pada Tampilan <i>Oscilloscope</i>	195
Gambar 4.131 Tampilan Sinyal Semua <i>Lead</i> Pada LCD TFT	196