

**LAPORAN TUGAS AKHIR
ECG SIMULATOR DILENGKAPI ARITMIA
BERBASIS MIKROKONTROLER**



OLEH :

Denis Kurniar Wicaksono

P27838018038

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
JURUSAN TEKNIK ELEKTROMEDIK
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES
SURABAYA
SURABAYA
2021**

LEMBAR PERSETUJUAN
“ECG SIMULATOR DILENGKAPI ARITMIA
BERBASIS MIKROKONTROLER “
Karya Tulis Ilmiah Ini Adalah Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma III Teknologi Elektro-medis
Jurusan Teknologi Elektro-medis
Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya

Menyetujui,

Pembimbing 1



Hj. Andjar Pudji, ST, MT
NIP. 19650517 198903 2 001

Pembimbing 2



Muhammad Ridha Mak'ruf, ST, M.Si.
NIP. 19810413 200312 1 002

Mengetahui,

Jurusan Teknologi Elektro-medis
Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya

Ketua,



Hj. Andjar Pudji, ST, MT
NIP. 19650517 198903 2 001

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
“ECG SIMULATOR DILENGKAPI ARITMIA
BERBASIS MIKROKONTROLLER “

Telah Diuji Dan Disahkan Sebagai Persyaratan
Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma
III Teknologi Elektro-medis Pada Bulan Juni Tahun
2021

Mengesahkan :

1. Ketua Penguji

Nama : Dr. I Dewa Gede Hari Wisana
ST, MT

NIP : 19750602 199903 1 002

Tandatangan :



2. Anggota Penguji I

Nama : Hj. Andjar Pudji, ST, MT.

NIP : 19650517 198903 2 001

Tandatangan :



3. Anggota Penguji II

**Nama : Muhammad Ridha Mak'ruf,
ST, M.Si**

NIP : 19810413 200312 1 002

Tandatangan :



4. Anggota Penguji IV

Nama : Lamidi, S.ST, MT

NIP : 19760408 200604 1 010

Tandatangan :



5. Anggota Penguji V

Nama : Triana Rahmawati, ST, M.Eng.

NIP : 19810623 200212 2 002

Tandatangan :



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, barokah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“ECG SIMULATOR DILENGKAPI ARITMIA BERBASIS MIKROKONTROLER”**.

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

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan kepada penulis untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma III Teknik Elektromedik.
2. Bapak dan Ibu yang selalu senantiasa memberikan doa, dukungan, serta ridho-nya dalam setiap langkah yang penulis jalani selama menimba ilmu.
3. Ibu Andjar Pudji, ST, MT selaku pembimbing selalu memberikan kelancaran kepada penulis.
4. Bapak M. Ridha Mak'ruf, ST, M.Si selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dan juga memberikan kelancaran kepada penulis.

5. Ibu Dyah Titisari, ST, M. Eng., selaku Ketua Program Studi D III Teknik Elektromedik yang telah memberikan izin dan semangat kepada penulis dan teman-teman EM-24 untuk belajar.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektromedik yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
7. Para karyawan/wati Jurusan Teknik Elektromedik yang telah membantu penulis dalam proses belajar.
8. Teman-teman TTL-2K19 (Bella, Septian, Hanun, Ara, Fajar, dan Dandi) dan semua anggota TTL crew yang telah memberikan semangat kepada penulis dan menemani penulis dalam menyelesaikan kewajiban selama bertugas bersama.
9. I Dewa Gede Budi Whinangun yang telah membimbing dan memberikan banyak inspirasi dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Teman-teman Kos Reborn (Pandu, Albhi, Galang, Mas Husein, Mas kamil) yang telah memberikan dukungan moril dan menghibur selama di kos.
11. Karin, Laskha, Ucha, Ara, Kutil yang telah membantu sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

12. Teman-teman EM-24 yang telah memberikan semangat, bantuan, dan terimakasih telah menemani penulis selama tinggal di Surabaya.
13. Nabilla Farikha Azzahra yang telah membantu dan selalu menemani dari selama proses belajar di kampus dan selalu sabar dalam menghadapi keluh kesah selama mengerjakan tugas akhir ini.

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.

Surabaya, Juni 2021

Denis Kurniar Wicaksono

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Batasan Masalah	6
1.3 Rumusan Masalah.....	6
1.4 Tujuan Penelitian	7
1.4.1 Tujuan Umum	7
1.4.2 Tujuan Khusus	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.5.1 Manfaat Teoritis.....	7
1.5.2 Manfaat Praktis	7
BAB 2	9

2.1 Studi Literatur	9
2.2 Jantung	11
2.3 Gangguan irama jantung.....	16
2.3.1 Klasifikasi gangguan irama jantung.....	20
2.4 Elektrokardiogram	29
2.4.1 Sinyal EKG Normal.....	30
2.4.2 Sadapan EKG.....	31
2.5 Atmega2560.....	35
2.6 DAC MCP4921	39
2.7 LCD Karakter 2x16	43
BAB 3	47
3.1 Diagram Blok Sistem.....	47
3.2 Diagram Alir	48
3.3 Diagram mekanis	50
3.4 Desain Penelitian	50
3.5 Alat dan Bahan	51
3.5.1 Alat.....	51
3.5.2 Bahan	51
3.6 Variabel Penelitian.....	52

3.6.1	Variabel Bebas	52
3.6.2	Variabel Terikat	52
3.6.3	Variabel Terkendali	52
3.7	Definisi Operasional Variabel	52
3.8	Teknik Analisis Data	54
3.9	Urutan Kegiatan Penelitian.....	54
3.10	Tempat dan Jadwal Kegiatan.....	55
BAB 4	57
4.1	Hasil Pengerjaan Modul	57
4.2	Hasil Pengukuran Nilai BPM	58
4.2.1	Hasil Pengukuran Setiap Kenaikan BPM	59
4.2.2	Hasil Pengukuran BPM Berdasarkan <i>Printout</i>	62
4.3	Hasil Pengukuran Nilai Sensitivitas	68
4.4	Perbandingan Hasil Gambar Sinyal Modul dan Alat Pembanding	73
4.5	Pengujian Kinerja Keseluruhan	82
4.5.1	Pengujian Kinerja BPM	82

4.5.2 Pengujian Kesesuaian Amplitudo.....	88
4.5.3 Grafik Kesesuaian Amplitudo.....	93
4.6 Grafik Sinyal.....	98
BAB 5.....	103
5.1 Dasar ECG Untuk Penentuan Nilai Resistor ...	103
5.2 Pembentukan Gelombang ECG.....	105
5.3 Pembahasan Program.....	115
5.4 Pembahasan Rangkaian	132
5.4.1 Pembahasan Rangkaian Minimum Sistem dengan ArduinoMega 2560.....	132
5.4.2 Rangkaian DAC.....	134
5.4.3 Rangkaian Resistor Network	138
5.5 Modifikasi Bentuk Sinyal Untuk Berbagai Nilai BPM.....	148
BAB 6.....	154
6.1 Kesimpulan.....	154
6.2 Saran	156
DAFTAR PUSTAKA.....	157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Anatomi Jantung Normal.....	11
Gambar 2. 2 Sistem Konduksi Jantung	15
Gambar 2. 3 Supraventrikular takikardia	21
Gambar 2. 4 Ventrikular takikardia.....	27
Gambar 2. 5 Monomorfik VT.....	28
Gambar 2. 6 Polimorfik VT.....	29
Gambar 2. 7 Sinyal EKG Normal.....	30
Gambar 2. 8 sadapan frontal.....	32
Gambar 2. 9Augmented Limb Lead	34
Gambar 2. 10 ATmega 2560	35
Gambar 2. 11 Pin Out DAC MCP4921	39
Gambar 2. 12 Timing Diagram MCP4921	41
Gambar 2. 13 LCD Karakter 2x16	43
Gambar 3. 1 Diagram Blok ECG Simulator.....	47
Gambar 3. 1 Diagram Blok ECG Simulator.....	47
Gambar 3. 2 Diagram alir ecg simulator	49
Gambar 3. 3 Gambar Mekanis ECG Simulator	50
Gambar 4. 1 Modul ECG Simulator.....	57
Gambar 4. 2 ECG Simulator Pemanding.....	58
Gambar 4. 3 Alat ECG Recorder.....	58

Gambar 4. 4 Perbandingan Gambar Printout BPM 60 sensitifitas 1,0 mV	74
Gambar 4. 5 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 60 sensitifitas 1,0 mV .	74
Gambar 4. 6 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 60 sensitifitas 0,5 mV .	75
Gambar 4. 7 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 60 sensitifitas 0,5 mV .	76
Gambar 4. 8 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 160 VT sensitifitas 0,5 mV	76
Gambar 4. 9 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 160 VT sensitifitas 0,5 mV	77
Gambar 4. 10 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 160 VT sensitifitas 1,0 mV	78
Gambar 4. 11 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 160 VT sensitifitas 1,0mV	78
Gambar 4. 12 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 200 SVT sensitifitas 0,5mV	79

Gambar 4. 13 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 200 SVT sensitifitas 0,5 mV	80
Gambar 4. 14 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 200 SVT sensitifitas 1,0 mV	80
Gambar 4. 15 Perbandingan Gambar <i>Printout</i> Modul dengan Alat Pembanding BPM 200 SVT sensitifitas 1,0mV	81
Gambar 4. 16 Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 1 mV sinyal NSR	83
Gambar 4. 17 Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 1 mV sinyal aritmia.....	84
Gambar 4. 18 Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 0,5 mV sinyal NSR	86
Gambar 4. 19 Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 0,5 mV sinyal aritmia.....	87
Gambar 4. 20 Grafik Nilai Error Modul ECG Simulator Printout LEAD I	93
Gambar 4. 21 Grafik Nilai Error Modul ECG Simulator Printout LEAD II.....	94
Gambar 4. 22 Grafik Nilai Error Modul ECG Simulator Printout LEAD III.....	95

Gambar 4. 23 Grafik Nilai Error Modul ECG Simulator Printout aVR.....	96
Gambar 4. 24 Grafik Nilai <i>Error</i> Modul ECG Simulator <i>Printout</i> aVF.....	97
Gambar 4. 25 Grafik Nilai Error Modul ECG Simulator Printout aVL.....	98
Gambar 4. 26 Plotting NSR BPM 60 Lead II.....	101
Gambar 4. 27 Plotting SVT BPM 120 Lead II.....	101
Gambar 4. 28 Plotting VT BPM 160 lead II.....	102
Gambar 5. 1 Sadapan frontal.....	104
Gambar 5. 2 <i>Printout</i> Modul ECG simulator lead I, II dan III.....	104
Gambar 5. 3 Pemilihan Resolusi.....	106
Gambar 5. 4 Engauge Digitezer File <i>ImPort</i>	107
Gambar 5. 5 Engauge Digitizer Open File <i>ImPort</i>	107
Gambar 5. 6 Axis Point Tool.....	108
Gambar 5. 7 Peletakan Axis Point.....	108
Gambar 5. 8 Nilai Axis Point Pertama.....	109
Gambar 5. 9 Nilai Axis Point Kedua.....	109
Gambar 5. 10 Nilai Axis Point Ketiga.....	109
Gambar 5. 11 Icon Curve Point Tool.....	110
Gambar 5. 12 Trace Bentuk Sinya ECG.....	110
Gambar 5. 13 <i>ExPort</i> Format.....	111

Gambar 5. 14 Preview <i>Export</i> Format	111
Gambar 5. 15 Koordinat Hasil Engauge Digitizer	113
Gambar 5. 16 Command Prompt Script Python	114
Gambar 5. 17 Hasil Convert Koordinat.....	114
Gambar 5. 18 Ilustrasi IdlePeriode (Instructable ECG simulator menta).....	129
Gambar 5. 19 Rangkaian Keseluruhan	133
Gambar 5. 20 Rangkaian DAC MCP4921	135
Gambar 5. 21 Rangkaian Resistor Network NSR dan SVT	138
Gambar 5. 22 Lead I,II,II pada Bentuk Sinyal NSR BPM 60.....	139
Gambar 5. 23 aVR, aVL, aVF pada Bentuk Sinyal NSR BPM 60.....	139
Gambar 5. 24 Lead I,II,II pada Bentuk Sinyal SVT BPM 200.....	139
Gambar 5. 25 aVR, aVL, aVF pada Bentuk Sinyal SVT BPM 200.....	139
Gambar 5. 26 Sadapan frontal	140
Gambar 5. 27 Bentuk Gelombang Phantom ECG Lead I	142
Gambar 5. 28 Bentuk Gelombang Phantom ECG Lead II	142

Gambar 5. 29 Bentuk Gelombang Phantom ECG Lead III	143
Gambar 5. 30 Bentuk Gelombang Phantom ECG aVR	143
Gambar 5. 31 Bentuk Gelombang Phantom ECG aVL	144
Gambar 5. 32 Bentuk Gelombang Phantom ECG aVF	144
Gambar 5. 33 Rangkaian Resistor Network Aritmia Ventrikular Takikardia	145
Gambar 5. 34 Lead I,II,II pada Bentuk Sinyal Aritmia VT BPM 160.....	145
Gambar 5. 35 aVR, aVL, aVF pada Bentuk Sinyal Aritmia VT BPM 160.	145
Gambar 5. 36 Sadapan frontal	146

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Definisi Operasional Variabel	52
Tabel 3. 2 Jadwal Penelitian	56
Tabel 4. 1 Pengukuran nilai BPM 30-240 dengan kenaikan setiap BPM sensitivitas 0.5 mV.....	59
Tabel 4. 2 Pengukuran nilai BPM 160 dan 200 untuk Sinyal Arrytmia dengan kenaikan setiap BPM sensitivitas 0.5 mV	60
Tabel 4. 3 Pengukuran nilai BPM 30-240 dengan kenaikan setiap BPM sensitivitas 1.0 mV.....	60
Tabel 4. 4 Pengukuran nilai BPM 160 dan 200 untuk Sinyal Arrytmia dengan kenaikan setiap BPM sensitivitas 1.0 mV	61
Tabel 4. 5 Pengukuran nilai BPM Sinyal Normal Modul Sensitivitas 0.5mV Berdasarkan Printout.....	63
Tabel 4. 6 Pengukuran nilai BPM Arrytmia Modul Sensitivitas 0.5mV Berdasarkan Printout.....	63
Tabel 4. 7 Pengukuran nilai BPM Sinyal Normal Modul Sensitivitas 1.0mV Berdasarkan Printout.....	64
Tabel 4. 8 Pengukuran nilai BPM Arrytmia Modul Sensitivitas 1.0mV Berdasarkan Printout.....	65
Tabel 4. 9 Pengukuran nilai BPM Sinyal Normal Alat Pembanding Sensitivitas 0.5 mV Berdasarkan Printout	65

Tabel 4. 10 Pengukuran nilai BPM Arrytmia Alat Pembanding Sensitivitas 0.5 mV Berdasarkan Printout	66
Tabel 4. 11 Pengukuran nilai BPM Sinyal Normal Alat Pembanding Sensitivitas 1 mV Berdasarkan Printout..	66
Tabel 4. 12 Pengukuran nilai BPM Arrytmia Alat Pembanding Sensitivitas 1 mV Berdasarkan Printout..	67
Tabel 4. 13 Pengukuran nilai Amplitudo pada sensitivitas 0,5 mV dan 1 mV	69
Tabel 4. 14 Perhitungan Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 1 mV sinyal NSR	82
Tabel 4. 15 Perhitungan Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 1 mV sinyal aritmia.....	84
Tabel 4. 16 Perhitungan Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 0,5 mV sinyal NSR.....	85
Tabel 4. 17 Perhitungan Nilai Error Modul ECG Simulator Printout Sensitivitas 0,5 mV sinyal aritmia	86
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 30	88
Tabel 4. 19 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 60	88
Tabel 4. 20 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 120	89

Tabel 4. 21 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 180	
.....	90
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 240	
.....	91
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 200	
SVT.....	91
Tabel 4. 24 Hasil Perhitungan Data Amplitudo BPM 160VT	
92	
Tabel 4. 25 Titik Koordinat	99