

# **Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)**

## **Portabel Berbasis ATmega328P**

### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta untuk Memenuhi

Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya (A.Md.)

Program Studi D3 Teknik Elektromedik



Oleh

**ILHAM PURNOMO AJI**

**20163010059**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTROMEDIK**

**PROGRAM VOKASI**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

**2019**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Portabel *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS) Berbasis ATmega328P”. Proposal tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Ahli Madya Progam Studi D3 Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dalam melakukan penelitian dan penyusunan proposal ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Dr. Bambang Jatmiko, S.E., M.Si selaku Direktur Politeknik Muhammadiyah Yogyakarta dan Meilia Safitri, S.T., M.Eng. selaku Ketua Progam Studi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang memberikan izin kepada penulis untuk belajar.
2. Hanifah Rahmi Fajrin, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing Satu, dan Muhammad Irfan, S.T. selaku dosen pembimbing Kedua, yang telah dengan penuh kesabaran dan ketulusan memberikan ilmu dan bimbingan terbaik kepada penulis.
3. Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Bapak dan Ibu yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril dan materiil. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat, kesehatan, karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas jasa yang telah diberikan kepada penulis.

4. Para Dosen Progam Studi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
5. Para Karyawan/wati Progam Studi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu penulis dalam proses belajar.
6. Laboran Progam Studi Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan ilmu serta membantu penulis dalam proses belajar.
7. Anak Kontrakan yang selalu menyemangati penulis, selalu ada dalam suka duka penulis saat menjalani proses belajar.
8. Teman-teman seperjuangan mahasiswa jurusan Teknik Elektromedik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta angkatan 2016, yang telah banyak berdiskusi dan bekerjasama dengan penulis selama masa pendidikan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal 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, 10 Juli 2019

Ilham Purnomo Aji

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>SUSUNAN DEWAN PENGUJI</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>PERNYATAAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>9</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Rumusan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Pembatasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Tujuan Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Manfaat Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Penelitian terdahulu .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Landasan Teori .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1 Penderita Nyeri .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.2 <i>Transcutaneous electrical nerve stimulation</i> .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
2.2.3 Elektroda .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.4 IC Microcontroller ATmega328P.....	<b>Error! Bookmark not</b>
<b>defined.</b>	
2.2.5 <i>Liquid Cristal Display</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
3.1 Diagram Proses Penelitian .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Diagram Blok Sistem.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Diagram Mekanisme Sistem.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Alat dan Bahan.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.4.1	Alat.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4.2	Bahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5	Diagram Alir Proses.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6	Pembuatan Program .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.1	Listing Program Pemilihan Mode .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.2	Listing Program PWM .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.3	Listing Program <i>timer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7	Teknik Analisis Data .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.1	Rata-rata .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7.2	Koreksi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8	Perancangan Perangkat Keras.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.1	Rangkaian Minimum Sistem ATmega328P.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.2	Rangkaian Driver .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8.3	Rangkaian LCD karakter 2x16 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.9	Uji coba Alat Tugas Akhir.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1	Spesifikasi Alat .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2	Data Hasil Pengukuran Frekuensi mode Continuous .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1	Pengukuran Frekuensi 35 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2	Pengukuran Frekuensi 40 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3	Pengukuran Frekuensi 45 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.4	Pengukuran Frekuensi 50 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.5	Pengukuran Frekuensi 55 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.6	Pengukuran Frekuensi 60 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.7	Pengukuran Frekuensi 65 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.8	Pengukuran Frekuensi 70 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.9	Pengukuran Frekuensi 75 Hz	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- 4.2.10 Pengukuran Frekuensi 80 Hz **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.11 Pengukuran Frekuensi 85 Hz **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.12 Pengukuran Frekuensi 90 Hz **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.13 Pengukuran Frekuensi 95 Hz **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.14 Pengukuran Frekuensi 100 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.15 Pengukuran Frekuensi 105 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.16 Pengukuran Frekuensi 110 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.17 Pengukuran Frekuensi 115 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.18 Pengukuran Frekuensi 120 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.19 Pengukuran Frekuensi 125 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.20 Pengukuran Frekuensi 130 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.21 Pengukuran Frekuensi 135 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.22 Pengukuran Frekuensi 140 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.23 Pengukuran Frekuensi 145 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.24 Pengukuran Frekuensi 150 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.25 Pengukuran Frekuensi 155 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.26 Pengukuran Frekuensi 160 Hz ..... **Error! Bookmark not defined.**

4.2.27	Pengukuran Frekuensi 165 Hz .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.28	Pengukuran Frekuensi 170 Hz .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.29	Pengukuran Frekuensi 175 Hz .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.30	Pengukuran Frekuensi 180 Hz .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.31	Data Pengukuran Frekuensi Keseluruhan ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3	Data Hasil Pengukuran Frekuensi mode Burst	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4	Perbedaan Mode Continous dan Burst.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5	Data Hasil Pengukuran <i>timer</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.1	Pengukuran <i>Timer</i> 15 menit..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.2	Pengukuran <i>Timer</i> 20 menit..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.3	Pengukuran <i>Timer</i> 30 menit..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5.4	Data Pengukuran Timer Keseluruhan .	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.6	Data Hasil Pengukuran Tegangan Maksimal..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.7	Data Hasil Pengukuran Kapasitas Baterai .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1	KESIMPULAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2	SARAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Karakteristik alat TENS .....	12
Gambar 2.2 Elektroda jenis floating .....	14
Gambar 2.3 Microcontroller ATmega328P.....	14
Gambar 2.4 Konfigurasi Microcontroller ATmega328P.....	15
Gambar 2.5 Liquid Cristal Display .....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir proses penelitian .....	17
Gambar 3.2 Diagram blok sistem .....	19
Gambar 3.3 Diagram Mekanisme Sistem .....	20
Gambar 3.4 Diagram alir .....	22
Gambar 3.5 Listing program pemilihan mode .....	24
Gambar 3.6 Listing program PWM .....	24
Gambar 3.7 Listing program timer .....	25
Gambar 3.8 Rangkaian Minimum sistem .....	27
Gambar 3.9 Rangkaian Driver PWM.....	28
Gambar 3.10 Rangkaian LCD karakter 2x16.....	29
Gambar 4.1 Alat Tugas Akhir.....	30
Gambar 4.2 Bentuk Gelombang Frekuensi 35 Hz .....	32
Gambar 4.3 Bentuk Gelombang Frekuensi 40 Hz .....	33
Gambar 4.4 Bentuk Gelombang Frekuensi 45 Hz .....	35
Gambar 4.5 Bentuk Gelombang Frekuensi 50 Hz .....	37
Gambar 4.6 Bentuk Gelombang Frekuensi 55 Hz .....	38
Gambar 4.7 Bentuk Gelombang Frekuensi 60 Hz .....	40
Gambar 4.8 Bentuk Gelombang Frekuensi 65 Hz .....	42
Gambar 4.9 Bentuk Gelombang Frekuensi 70 Hz .....	43
Gambar 4.10 Bentuk Gelombang Frekuensi 75 Hz .....	45
Gambar 4.11 Bentuk Gelombang Frekuensi 80 Hz .....	47
Gambar 4.12 Bentuk Gelombang Frekuensi 85 Hz .....	48
Gambar 4.13 Bentuk Gelombang Frekuensi 90 Hz .....	50
Gambar 4.14 Bentuk Gelombang Frekuensi 95 Hz .....	52



Gambar 4.15 Bentuk Gelombang Frekuensi 100 Hz .....	53
Gambar 4.16 Bentuk Gelombang Frekuensi 105 Hz .....	55
Gambar 4.17 Bentuk Gelombang Frekuensi 110 Hz .....	57
Gambar 4.18 Bentuk Gelombang Frekuensi 115 Hz .....	58
Gambar 4.19 Bentuk Gelombang Frekuensi 120 Hz .....	60
Gambar 4.20 Bentuk Gelombang Frekuensi 125 Hz .....	61
Gambar 4.21 Bentuk Gelombang Frekuensi 130 Hz .....	63
Gambar 4.22 Bentuk Gelombang Frekuensi 135 Hz .....	65
Gambar 4.23 Bentuk Gelombang Frekuensi 140 Hz .....	66
Gambar 4.24 Bentuk Gelombang Frekuensi 145 Hz .....	68
Gambar 4.25 Bentuk Gelombang Frekuensi 150 Hz .....	70
Gambar 4.26 Bentuk Gelombang Frekuensi 155 Hz .....	71
Gambar 4.27 Bentuk Gelombang Frekuensi 160 Hz .....	73
Gambar 4.28 Bentuk Gelombang Frekuensi 165 Hz .....	75
Gambar 4.29 Bentuk Gelombang Frekuensi 170 Hz .....	76
Gambar 4.30 Bentuk Gelombang Frekuensi 175 Hz .....	78
Gambar 4.31 Bentuk Gelombang Frekuensi 180 Hz .....	79
Gambar 4.32 Bentuk Gelombang Frekuensi 100 Hz mode Burst.....	83
Gambar 4.33 Perbedaan mode Continous dan Burst .....	84

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Daftar Alat .....	21
Tabel 3.2 Daftar Bahan .....	21
Tabel 4.1 Data Pengukuran Frekuensi 35 Hz .....	31
Tabel 4.2 Data Pengukuran Frekuensi 40 Hz .....	32
Tabel 4.3 Data Pengukuran Frekuensi 45 Hz .....	34
Tabel 4.4 Data Pengukuran Frekuensi 50 Hz .....	36
Tabel 4.5 Data Pengukuran Frekuensi 55 Hz .....	37
Tabel 4.6 Data Pengukuran Frekuensi 60 Hz .....	39
Tabel 4.7 Data Pengukuran Frekuensi 65 Hz .....	41
Tabel 4.8 Data Pengukuran Frekuensi 70 Hz .....	42
Tabel 4.9 Data Pengukuran Frekuensi 75 Hz .....	44
Tabel 4.10 Data Pengukuran Frekuensi 80 Hz .....	46
Tabel 4.11 Data Pengukuran Frekuensi 85 Hz .....	47
Tabel 4.12 Data Pengukuran Frekuensi 90 Hz .....	49
Tabel 4.13 Data Pengukuran Frekuensi 95 Hz .....	51
Tabel 4.14 Data Pengukuran Frekuensi 100 Hz .....	52
Tabel 4.15 Data Pengukuran Frekuensi 105 Hz .....	54
Tabel 4.16 Data Pengukuran Frekuensi 110 Hz .....	56
Tabel 4.17 Data Pengukuran Frekuensi 115 Hz .....	57
Tabel 4.18 Data Pengukuran Frekuensi 120 Hz .....	59
Tabel 4.19 Data Pengukuran Frekuensi 125 Hz .....	60
Tabel 4.20 Data Pengukuran Frekuensi 130 Hz .....	62
Tabel 4.21 Data Pengukuran Frekuensi 135 Hz .....	64
Tabel 4.22 Data Pengukuran Frekuensi 140 Hz .....	65
Tabel 4.23 Data Pengukuran Frekuensi 145 Hz .....	67
Tabel 4.24 Data Pengukuran Frekuensi 150 Hz .....	68
Tabel 4.25 Data Pengukuran Frekuensi 155 Hz .....	70
Tabel 4.26 Data Pengukuran Frekuensi 160 Hz .....	72

Tabel 4.27 Data Pengukuran Frekuensi 165 Hz .....	74
Tabel 4.28 Data Pengukuran Frekuensi 170 Hz .....	75
Tabel 4.29 Data Pengukuran Frekuensi 175 Hz .....	77
Tabel 4.30 Data Pengukuran Frekuensi 180 Hz .....	78
Tabel 4.31 Data pengukuran frekuensi keseluruhan .....	80
Tabel 4.32 Data pengukuran frekuensi 100 Hz pada mode burst .....	82
Tabel 4.33 Data Pengukuran <i>Timer</i> 15 menit .....	85
Tabel 4.34 Data Pengukuran <i>Timer</i> 20 menit .....	86
Tabel 4.35 Data Pengukuran <i>Timer</i> 30 menit .....	87
Tabel 4.36 Data Pengukuran <i>Timer</i> keseluruhan .....	88
Tabel 4.37 Data Pengukuran Tegangan Maksimal .....	88
Tabel 4.38 Data Pengukuran Kapasitas Baterai .....	89