

**PERANCANGAN DAN REALISASI
TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION (TENS)
SEBAGAI ALAT TERAPI PEREDA RASA SAKIT
BERBASIS MIKROKONTROLER**

Suma Imelda Gunawan (0822075)

Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Maranatha

e-mail : sumaimeldagunawan16@ymail.com

ABSTRAK

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) merupakan perangkat penstimulasi saraf yang digunakan untuk meredakan nyeri. TENS hanya memiliki beberapa efek samping dibandingkan dengan terapi obat, seperti alergi dan iritasi kulit. TENS menghasilkan arus berorde miliampere ke permukaan tubuh melalui dua buah elektroda.

TENS yang dirancang terdiri dari mikrokontroler ATMEGA16 sebagai generator pulsa, baterai sebagai catu daya, IC DC/DC Converter sebagai penghasil tegangan DC tinggi, transistor dan trafo sebagai *switching* penghasil pulsa bertegangan tinggi, serta antarmuka berupa *keypad* dan LCD.

Keluaran TENS adalah pulsa bifasik asimetris dan terdiri dari tiga macam pola, yaitu pola kontinu *hi*, kontinu *lo*, dan pola *burst* dengan durasi 40-400 μ s dan frekuensi 2-200Hz serta tegangan maksimum 50V_{pp} dan arus maksimum 100mA_{pp} pada beban resistif 500 Ω . TENS hasil rancangan memenuhi syarat keamanan sebagai pereda nyeri dengan arus keluaran rata-rata maksimum adalah 1,6mA. Dari 60 responden pengguna TENS selama 20 menit, 51 responden (85%) merasakan nyeri berkurang di bawah 50% dan 9 responden (15%) merasakan nyeri berkurang di atas 50%.

Kata Kunci: TENS, stimulator saraf, pereda nyeri, mikrokontroler

**DESIGN AND REALIZATION OF
TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL NERVE STIMULATION (TENS)
AS A MICROCONTROLLER-BASED THERAPEUTIC PAIN RELIEVER**

Suma Imelda Gunawan (0822075)

Department of Electrical Engineering Maranatha Christian University

E-mail: sumaimeldagunawan16@ymail.com

ABSTRACT

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) is a nerve stimulation device for therapeutic purposes, mainly as a pain reliever. There are only few side effects when compared with drug therapy, as skin allergic and irritation. The device is connected to the skin using a pair of electrodes and transmits electrical current in order of milliamperes transcutaneously.

TENS device consists of an ATMEGA16 microcontroller as pulse generator, IC DC/DC Converter to produce a high voltage, transistor and transformer that work as switching voltage, interfaces (keypad and LCD), and a battery.

Its output is biphasic asymmetrical pulse and provides three kind of pulse pattern (Kontinu *Hi*, Kontinu *Lo*, and *Burst*) with the duration adjustable from 40-400 μ s and the rate adjustable from 2-200Hz. Its maximum output voltage is 50V_{pp} so the maximum output current is 100mA_{pp} with 500 Ω resistive load. The device conforms to the safety requirement as pain reliever device with maximum average current at 1.6mA. Refer to 60 respondents TENS users for 20 minutes therapy, 51 respondents have less than 50% pain relief and 9 respondents have more than 50% pain relief.

Keywords: TENS, nerve stimulator, pain reliever, microcontroller

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Identifikasi Masalah.....	1
I.3 Tujuan	2
I.4 Batasan Masalah	2
I.5 Metodologi Penelitian.....	2
I.6 Sistematika Penulisan	2
BAB II LANDASAN TEORI.....	4
II.1 Prinsip Pengontrolan Rasa Sakit/ Nyeri.....	4
II.1.1 <i>Gate Control Theory</i>	5
II.1.2 <i>Opiate-Mediated Control Theory</i>	6
II.2 TENS.....	6
II.2.1 TENS Konvensional.....	9
II.2.2 AL-TENS (Accupunture Like-TENS).....	10
II.2.3 <i>Intense TENS</i>	10
II.3 Impedansi Kulit Manusia.....	11
II.4 Elektroda.....	12
II.4.1 Sistem Elektroda.....	12
II.5 Standard Keamanan TENS.....	13
II.6 Mikrokontroler ATMEGA16.....	14
II.6.1 Pemrograman Mikrokontroler AVR.....	18
II.6.2 <i>Timer/Counter</i>	18

BAB III	PERANCANGAN SISTEM.....	21
III.1	Diagram Blok Sistem Rancangan.....	21
III.2	Spesifikasi Rancangan TENS.....	22
III.3	Diagram Alir Generator Pulsa.....	24
III.4	Catu Daya.....	26
III.5	Penaik Tegangan Pulsa.....	28
III.6	Antarmuka.....	28
III.6.1	LCD	29
III.6.2	Keypad.....	30
III.7	Elektroda	32
III.8	Perancangan Perangkat Lunak TENS.....	32
BAB IV	DATA PENGAMATAN DAN ANALISA DATA.....	38
IV.1	Data Hasil Percobaan.....	38
IV.1.1	Percobaan Mengamati Parameter Pulsa Keluaran...	38
IV.1.2	Percobaan terhadap Responden Penderita Nyeri.	51
IV.2	Analisa Percobaan.....	54
IV.2.1	Analisa Tegangan Keluaran.....	54
IV.2.2	Analisa Pembacaan Nilai Durasi dan Frekuensi Pulsa.....	57
IV.2.3	Analisa Muatan Maksimum dan Arus Maksimum.....	58
IV.2.4	Analisa Jumlah Peredaan Nyeri dengan Tiga Pola TENS.....	60
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
V.1	Kesimpulan.....	61
V.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN A		A
LAMPIRAN B		B
LAMPIRAN C		C

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bentuk Pulsa TENS.....	6
Gambar 2.2	Kurva Amplituda Pulsa terhadap Durasi Pulsa Stimulasi.....	7
Gambar 2.3	Pola Pulsa TENS	9
Gambar 2.4	Kerja Arus TENS Konvensional	9
Gambar 2.5	Kerja Arus AL-TENS	10
Gambar 2.6	Kerja Arus <i>Intense</i> TENS.....	11
Gambar 2.7	Konsep Impedansi Kulit Ketika Ditempelkan Elektroda.....	11
Gambar 2.8	Arsitektur Mikrokontroler AVR RISC.....	14
Gambar 2.9	Konfigurasi <i>Pinout</i> ATMEGA16 PDIP	16
Gambar 2.10	Peta Memori ATMEGA16.....	17
Gambar 2.11	Alur Konversi <i>File *.c</i> Menjadi <i>File*.hex</i>	18
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem Rancangan	21
Gambar 3.2	Pola Kontinu Frekuensi Tinggi (Kontinu <i>Hi</i>)	22
Gambar 3.3	Pola Kontinu Frekuensi Rendah (Kontinu <i>Lo</i>).....	23
Gambar 3.4	Pola <i>Burst</i>	23
Gambar 3.5	Diagram Alir Generator Pulsa TENS.....	24
Gambar 3.6	(a) <i>Subroutine</i> Pola Kontinu <i>Hi</i>	25
Gambar 3.6	(b) <i>Subroutine</i> Pola Kontinu <i>Lo</i>	25
Gambar 3.6	(c) <i>Subroutine</i> Pola <i>Burst</i>	25
Gambar 3.7	Rangkaian Regulator Tegangan 5V	26
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Boost Converter</i> Tegangan Keluaran 23V	27
Gambar 3.9	Rangkaian Penaik Tegangan Pulsa	28
Gambar 3.10	LCD Tipe JHD162A	29
Gambar 3.11	Konfigurasi <i>Port</i> LCD Dipasangkan dengan <i>Port C</i> Mikrokontroler	30
Gambar 3.12	<i>Keypad</i> 4x4.....	30
Gambar 3.13	Diagram <i>Keypad</i> 4x4.....	30
Gambar 3.14	Elektroda <i>Gel</i> yang Dipasangkan pada Busa	32
Gambar 3.15	Konfigurasi <i>Chip</i> dan <i>Clock</i> yang Digunakan.....	33
Gambar 3.16	Konfigurasi <i>Port B</i> sebagai <i>Port</i> Keluaran Pulsa.....	33
Gambar 3.17	Konfigurasi <i>Port C</i> sebagai <i>Port</i> LCD.....	34
Gambar 3.18	Konfigurasi <i>Port D</i> sebagai <i>Port Keypad</i>	34
Gambar 3.19	Konfigurasi <i>Timer</i>	35
Gambar 3.20	Bentuk Pulsa Keluaran Mikrokontroler Mode A	36
Gambar 3.21	Bentuk Pulsa Keluaran Mikrokontroler Mode B	36
Gambar 3.22	Bentuk Pulsa Keluaran Mikrokontroler Mode C	37

Gambar 4.1	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Durasi 40 μ s	40
Gambar 4.2	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Durasi 200 μ s.....	41
Gambar 4.3	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Durasi 400 μ s.....	41
Gambar 4.4	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Frekuensi 200Hz.....	42
Gambar 4.5	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Frekuensi 100Hz.....	42
Gambar 4.6	Pola Kontinu <i>Hi</i> pada Frekuensi 20Hz	43
Gambar 4.7	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Durasi 40 μ s	44
Gambar 4.8	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Durasi 200 μ s	44
Gambar 4.9	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Durasi 400 μ s	45
Gambar 4.10	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Frekuensi 10Hz	45
Gambar 4.11	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Frekuensi 5Hz	46
Gambar 4.12	Pola Kontinu <i>Lo</i> pada Frekuensi 2Hz	46
Gambar 4.13	Pola <i>Burst</i> pada Durasi 40 μ s	47
Gambar 4.14	Pola <i>Burst</i> pada Durasi 200 μ s	48
Gambar 4.15	Pola <i>Burst</i> pada Durasi 400 μ s	48
Gambar 4.16	Pola <i>Burst</i> dengan Frekuensi antar <i>Burst</i> 2Hz	49
Gambar 4.17	Pola <i>Burst</i> dengan Frekuensi Pulsa dalam <i>Burst</i> 100Hz.....	49
Gambar 4.18	Durasi Fasa Positif pada Tegangan 50% Amplituda Fasa	50
Gambar 4.19	Grafik Tegangan Keluaran terhadap Tegangan Catu Daya Trafo Pada Durasi 40 μ s dengan Beban 500 Ω , 1k Ω , 2k Ω , dan 10k Ω	55
Gambar 4.20	Grafik Tegangan Keluaran terhadap Tegangan Catu Daya Trafo Pada Durasi 400 μ s dengan Beban 500 Ω , 1k Ω , 2k Ω , dan 10k Ω	55
Gambar 4.21	Pulsa TENS Pola <i>Burst</i> dengan Frekuensi antar <i>Burst</i> 2Hz.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Deskripsi Mode TENS	8
Tabel 2.2	Deskripsi Pin ATMEGA16.....	16
Tabel 2.3	Waktu Maksimal <i>Timer</i> ATMEGA16 Dengan Osilator Kristal 16MHz	19
Tabel 3.1	Spesifikasi Rancangan TENS	23
Tabel 3.2	Deskripsi Fungsi untuk 16 Pin LCD	29
Tabel 3.3	Pembacaan Nilai Penekanan Tombol <i>Keypad</i>	31
Tabel 4.1	Tegangan Keluaran TENS terhadap Tegangan Catu Daya Trafo.....	39
Tabel 4.2	Pembacaan Parameter dari Tiga Sampel Pulsa Pola Kontinu <i>Hi</i>	40
Tabel 4.3	Pembacaan Parameter dari Tiga Sampel Pulsa Pola Kontinu <i>Lo</i>	43
Tabel 4.4	Pembacaan Parameter dari Tiga Sampel Pulsa Pola <i>Burst</i>	47
Tabel 4.5	Peredaan Nyeri dengan Pola Kontinu <i>Hi</i>	51
Tabel 4.6	Peredaan Nyeri dengan Pola Kontinu <i>Lo</i>	52
Tabel 4.7	Peredaan Nyeri dengan Pola <i>Burst</i>	53
Tabel 4.8	Arus Puncak Keluaran pada Durasi 40 μ s	56
Tabel 4.9	Arus Puncak Keluaran pada Durasi 400 μ s	57

