

Rancang Bangun Elektro-Stimulator Untuk Refleksi Telapak Kaki

Design of Electro Stimulator for Foot Reflexology

Robinson Pubudanang dan Andi Suprianto
Program Studi Teknik Elektro – Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional – Jakarta

Abstrak---Elektrostimulator merupakan salah satu alat kedokteran yang digunakan untuk terapi dengan cara memanfaatkan arus listrik frekuensi rendah untuk merangsang saraf pada tubuh manusia. Salah satunya aplikasinya yaitu digunakan untuk refleksi telapak kaki untuk merangsang titik-titik saraf pada telapak kaki yang berhubungan dengan organ-organ tubuh manusia. Dalam merancang elektrostimulator untuk refleksi telapak kaki digunakan perangkat pendukung berupa perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan terdiri dari mikrokontroler AT89S51, rangkaian pembangkit sinyal I, rangkaian pembangkit sinyal II, rangkaian penguat arus, display dan buzzer. Dan untuk perangkat lunak digunakan bahasa assembly. Bentuk keluaran pulsa/gelombang yang dipakai untuk terapi elektrostimulator ini yaitu burst simmetris dengan empat pemilihan frekuensi 5Hz, 10Hz, 15 Hz dan 20Hz serta maksimum waktu terapi 60 menit. Dengan adanya elektrostimulator untuk refleksi telapak kaki kiranya dapat membantu atau sebagai alternatif lain bagi pasien yang ingin terapi refleksi telapak kaki tanpa harus datang ketempat pijat refleksi.

Kata Kunci---Elektrostimulator, refleksi telapak kaki, burst simmetris

Abstract---The electrostimulator is the equipment used to medical treatment by using the low frequency electrical current for stimulating the neuron in the human body. One of its application is used for the foot reflection to stimulate the neuron points in the foot that connect with human body organs In the design of electrostimulator for the foot reflection is used the hardware components and supported by software. The hardware components are the AT89S5 microcontroller, the signal generator, the current amplifier circuit, display and buzzer. The software use the assembly language. The shape of pulse output for the foot reflection treatment is the symmetrical burst with four frequencies of 5Hz, 10Hz, 15 Hz dan 20Hz and the maximum time application of 60 minute. Dengan adanya elektrostimulator untuk refleksi telapak kaki kiranya dapat membantu atau sebagai alternatif lain bagi pasien yang ingin terapi refleksi telapak kaki tanpa harus datang ketempat pijat refleksi.

Keywords---Electrostimulator, foot reflection, symmetrical burst

1. PENDAHULUAN

Kelistrikan memegang peranan penting dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu penggunaan listrik adalah di rumah sakit ataupun di klinik-klinik. Selain sebagai penerangan, kelistrikan dalam dunia kesehatan digunakan untuk diagnosa dan terapi penyakit. Untuk terapi maka dimanfaatkan arus listrik dengan frekuensi rendah untuk merangsang otot-otot saraf baik sensorik maupun motorik yang sakit dengan menggunakan alat elektrostimulator.

Elektrostimulator tidak menimbulkan efek samping baik berupa efek radiasi maupun efek kimia terhadap tubuh. Fungsi elektrostimulator yaitu memberikan arus listrik pada otot yang mengalami kelainan fungsi agar dapat normal kembali. Prinsipnya memanfaatkan frekuensi rendah yang mempunyai efek merangsang saraf otot sehingga terjadi kontraksi otot. Selain frekuensi yang diperhatikan, pemilihan bentuk arus frekuensi rendah yang sering digunakan yaitu *Asymmetrical biphasic pulsed current*, *symmetrical biphasic pulsed current*, dan *monophasic rectangular pulsed current*. Sebagai contoh *symmetrical biphasic*

pulsed current terbagi lagi menjadi *assymetrical*, *asymmetrical alternating*, *burst asymmetrical*, *burst asymmetrical alternating*, *symmetrical* dan *burst symmetrical*.

Mengacu pada uraian tersebut dicoba untuk merancang elektrostimulator yang memanfaatkan frekuensi rendah dengan bentuk pulsa *burst simmetris*

2. TINJAUAN PUSTAKA

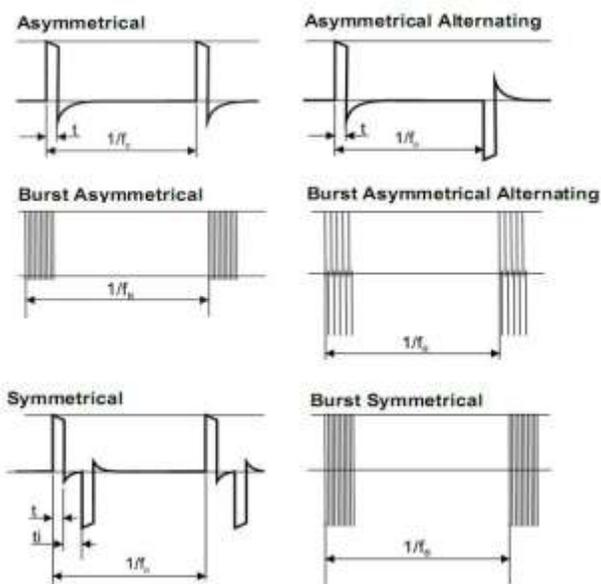
Energi yang digunakan pada alat ini adalah dengan memakai listrik frekuensi rendah. Parameter untuk frekuensi yang dipakai adalah 1 – 20 Hz untuk terapi otot dan saraf dengan kondisi akut. Frekuensi 80 – 120 Hz biasanya untuk kondisi kronik. Sedangkan pada frekuensi 50 Hz digunakan untuk terapi kejang pada otot normal.

Adapun tujuan dari terapi menggunakan alat elektrostimulator adalah sebagai berikut:

1. Memelihara kelangsungan fungsi otot.
2. Memperbaiki jaringan atau saraf yang rusak.
3. Memperbaiki fungsi otot.
4. Memperkuat otot.

5. Menyembuhkan kejang-kejang otot.
6. Digunakan untuk refleksi.

Selain frekuensi yang digunakan, perlu diperhatikan juga pemilihan bentuk dan mode pulsa keluaran serta durasi yang diperlukan dalam proses terapi. Adapun bentuk *symmetrical biphasic pulsed current* dapat dilihat pada gambar 1.



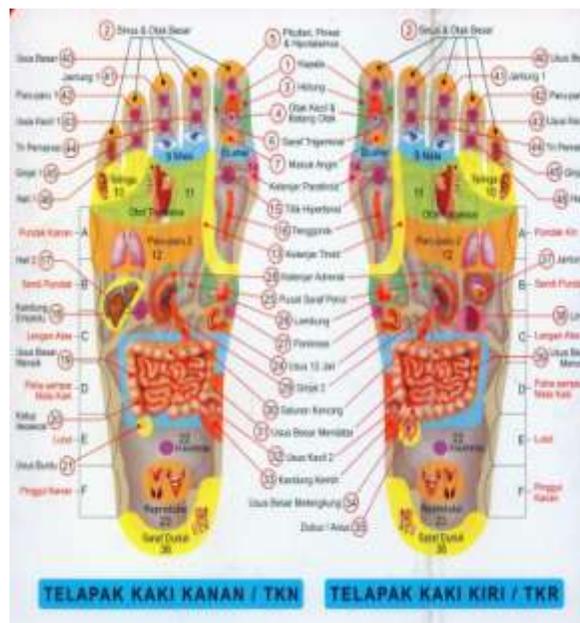
Gambar 1. Bentuk *symmetrical biphasic pulsed current*

Refleksi Telapak Kaki

Refleksi telapak kaki adalah salah satu terapi yang dilakukan pada telapak kaki dengan cara menekan titik-titik saraf pada telapak kaki dengan menggunakan jari manusia atau alat bantu yg tumpul atau dengan menggunakan rangsangan listrik (elektrostimulator). Walau tidak langsung mengobati penyebab suatu penyakit terapi pijat refleksi dapat membantu mengatasi berbagai masalah kesehatan, seperti sakit kepala, depresi, asma, gangguan pencernaan, penyakit kulit, dan arthritis. Titik-titik tertentu di daerah telapak kaki yang berjumlah 70 itu menurut teori refleksologi berhubungan erat dengan seluruh organ tubuh, seperti usus, lambung, hati, ginjal, limpa, pankreas, dan jantung. Pijatan di kaki kanan berhubungan dengan tubuh bagian kanan, sedangkan kaki kiri berhubungan dengan tubuh bagian kiri.

Ujung-ujung jari kaki misalnya berkaitan dengan kepala dan leher, telapak kaki bagian atas dengan dada dan paru-paru, telapak kaki bagian tengah dengan kepala, leher dan organ-organ dalam serta tumit dengan saraf dan panggul. Sehingga jika ada gangguan di organ-organ tertentu, pijatan di titik-titik yang berhubungan dengan organ-organ tersebut akan menimbulkan rasa sakit. Terapi refleksi bisa dilakukan dengan memberikan

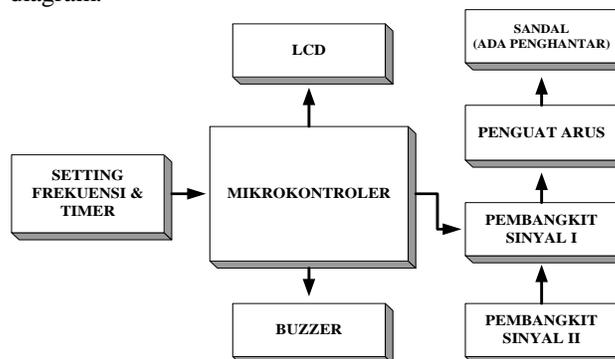
stimulan pada titik-titik refleksi di daerah kaki dengan menggunakan tangan ataupun alat elektrostimulator.



Gambar 2. Struktur saraf telapak kaki

3. METODA

Gambar 1. memperlihatkan gambar keseluruhan blok diagram.



Gambar 3. Blok diagram elektrostimulator

Prinsip kerja blok diagram:

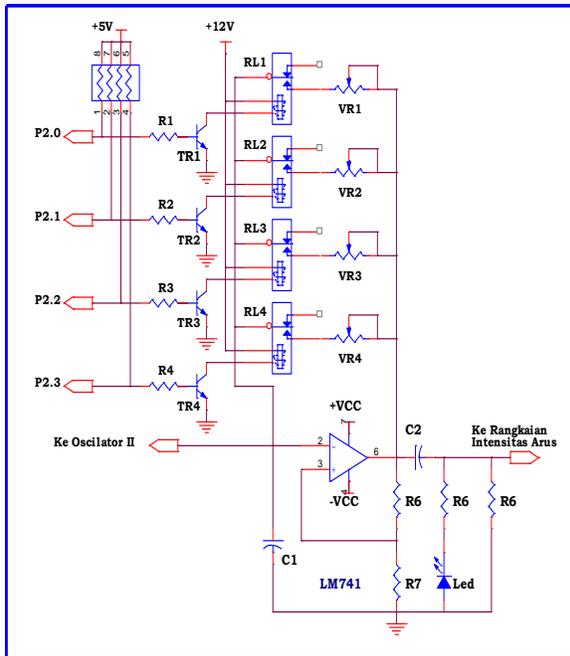
Pada saat tombol ON/OFF pada alat ditekan, LCD menampilkan insialisasi kemudian seting frekuensi. Untuk memilih frekuensi dan waktu dilakukan dengan menekan tombol UP atau DOWN kemudian tekan Tombol ENTER pada rangkaian setting frekuensi dan waktu.

Rangkaian mikrokontroler berfungsi untuk memproses data masukan kemudian mengaktifkan kerja rangkaian pembangkit sinyal I. Rangkaian ini berfungsi untuk membangkitkan frekuensi berbentuk persegi yang continus. Rangkaian pembangkit sinyal II juga berfungsi sebagai pembangkit frekuensi yang dimana keluarannya

akan dihubungkan pada inputan (inverting) pembangkit sinyal I, sehingga mengakibatkan keluaran pada pembangkit sinyal I menjadi *burst symmetrical*.

Pada rangkaian intensitas arus terdapat sebuah transformator step up yang merubah tegangan DC menjadi tegangan AC, sehingga akan menghasilkan arus yang dapat diatur intensitasnya kemudian akan masuk pada elektroda. Sandal dihubungkan ke pasien untuk proses terapi. Setelah waktu setting berakhir maka buzzer akan berbunyi menandakan proses terapi selesai.

Rangkaian Pembangkit Sinyal I



Gambar 4. Rangkaian Pembangkit Sinyal I

Rangkaian ini sebagai pembangkit gelombang persegi. Ada dua buah lintasan umpan balik dalam rangkaian ini. Lintasan pertama datang dari keluaran menuju masukan inverting inverting Op-Amp, pada lintasan ini terdapat kombinasi RC yang menentukan kerja dari osilator. Lintasan kedua datang dari keluaran menuju masukan non inverting Op-Amp dan terdiri dari dua resistor, kedua resistor ini sebagai pembagi tegangan.

Keluaran dari port 2.0 sampai port 2.3 dihubungkan keempat buah resistor yang masing-masing resistor dihubungkan ketransistor. Rangkaian ini bekerja jika keluaran dari salah satu port berlogika "1". Misalnya untuk frekuensi 5Hz, port 2.0 berlogika "1" maka transistor TR1 akan aktif karena mendapat trigger pada kaki basis. $V_{CC} +5 V$ akan mengalir ke ground, inti besi pada relay 1 (RL1) akan berubah menjadi magnet dan menarik kontak dari NC ke NO sehingga antara variabel resistor VR1 dan pin 2 dari IC LM741 akan terhubung. Demikian juga untuk pemilihan frekuensi

lainnya, besarnya frekuensi keluaran ditentukan oleh R_f (Variabel Resistor) dan kapasitor C (C1). Dengan menggunakan persamaan berikut, dapat dicari besar frekuensi yang diharapkan.

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = 2R_f \times C$$

$$f = \frac{1}{2R_f \times C}$$

Nilai C telah ditetapkan sebesar 4,7 μ F
Frekuensi 5Hz :

$$5 \text{ Hz} = \frac{1}{2R_f \cdot 4,7 \mu\text{F}}$$

$$5 \text{ Hz} = \frac{1000000}{2R_f \cdot 4,7}$$

$$2 R_f = \frac{1000000}{23,5}$$

$$R_f = \frac{42553,19}{2}$$

$$R_f = 21.276 \Omega$$

Untuk frekuensi 10 Hz, 15 Hz dan 20 Hz dapat dihitung dengan persamaan seperti di atas sehingga diperoleh :

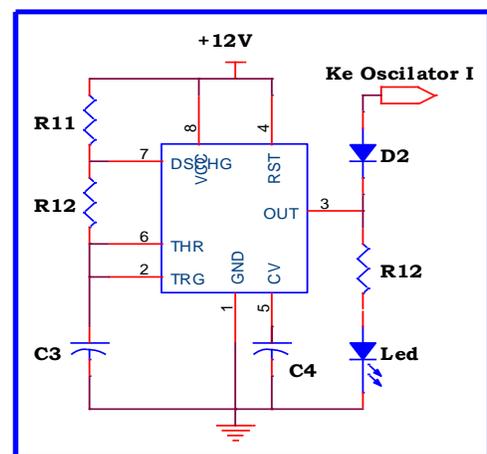
Frekuensi 10 Hz = 10.638 Ω

Frekuensi 15 Hz = 7092 Ω

Frekuensi 20 Hz = 5319 Ω

Rangkaian pembangkit sinyal I sebagai rangkaian yang menghasilkan frekuensi dengan gelombang berbentuk persegi.

Rangkaian Pembangkit Sinyal II



Gambar 5. Rangkaian pembangkit sinyal II

Rangkaian ini dibangun dari sebuah IC 555, R_a (R11), R_b (R12) dan sebuah Capacitor (C3). Untuk mengaktifkan rangkaian ini, diberikan suplay +12V terhadap ground. IC 555 sebagai Astabil Multivibrator yang berfungsi membangkitkan gelombang persegi yang

akan diberikan sebagai masukan pada rangkaian pembangkit sinyal I sehingga membuat outputnya menjadi terputus-putus (interrupted). Pada output dipasang sebuah diode yang berfungsi untuk memblokir sinyal dari rangkaian pembangkit sinyal I. Saat output high maka sinyal dari pembangkit sinyal I terblokir sehingga bentuk gelombang yang dihasilkannya tetap kontinu. Pada saat output low maka sinyal dari pembangkit sinyal I akan drop ke ground melalui diode sehingga pada output rangkaian pembangkit sinyal I tidak ada sinyal.

Dalam penerapan digunakan frekuensi sebesar 1/2 Hz. Dengan menggunakan persamaan berikut, dapat dicari nilai Rb yang sesuai.

Nilai Ra = 1 kΩ

Nilai C = 10 μF

Perhitungan :

$$F = \frac{1}{T}$$

$$0,5 \text{ Hz} = \frac{1,44}{1000 \Omega + 2Rb \cdot 10 \mu F}$$

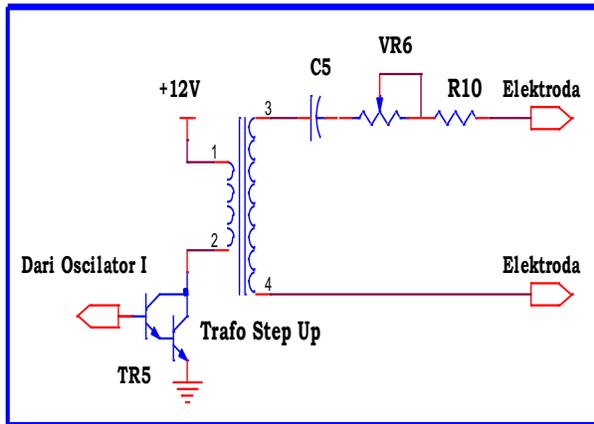
$$\frac{1}{2} \text{ Hz} = \frac{144000}{1000\Omega + 2Rb}$$

$$2Rb = 287000$$

$$Rb = 143500 \Omega$$

Nilai pendekatan untuk Rb yang digunakan adalah 150 kΩ

Rangkaian Penguat Arus



Gambar 6. Rangkain penguat arus

Rangkaian ini terdiri dari sebuah transistor sebagai saklar, sebuah trafo step up untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC pada sekundernya. Sebuah Variabel Resistor (VR) yang berfungsi sebagai pembatas arus, dan juga sepasang elektoda/sandal yang dipasangkan kepasien.

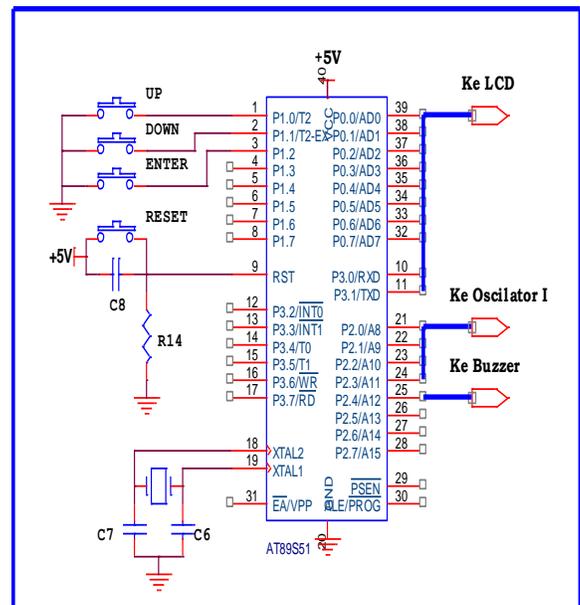
Transistor akan bekerja jika pada kaki basis mendapat pulsa tinggi. Tegangan akan mengalir melewati kumparan primer menuju ground. Hal ini menyebabkan

muncul medan magnet pada inti besi yang akan menginduksi kumparan sekunder sehingga timbul gaya gerak listrik (GGL) induksi pada kumparan sekunder maka akan mengalir arus listrik yang berlawanan.

Saat tansistor mendapat pulsa rendah, tidak terjadi aktifitas pada trafo. Pada saat itu arus induksi yang mengalir berlawanan akan mengalir kembali berlawanan dengan arah arus mula –mula. Variabel Resistor berfungsi untuk mengatur besarnya intensitas arus yang mengalir ke elektroda.

Mikrokontroler AT89S51

Rangkaian ini merupakan pusat kontrol masukan dan keluaran ke seluruh rangkaian. Sebuah IC AT89S51 dan sebuah osilator eksternal sebagai komponen utama pada rangkaian ini.



Gambar 7. Rangkaian mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 mendapat suplay +5 V pada pin 40 dan ground pada pin 20. Untuk pengontrolan dilakukan melalui pin-pin yang terdiri dari beberapa port. Pin-pin akan aktif jika mendapat perintah dari dalam mikrokontroler dengan menggunakan perangkat lunak (software) yang ditempatkan pada flash program memori internal.

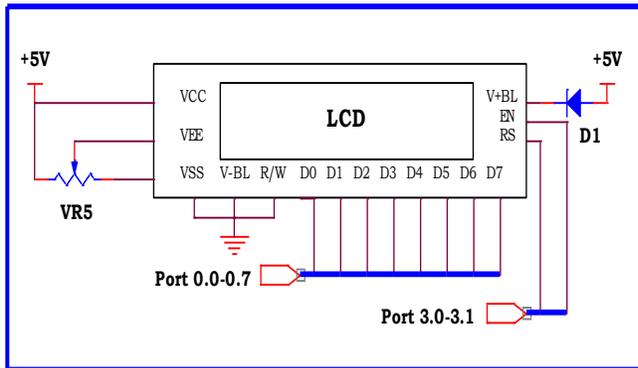
IC AT89S51 memiliki osilator di dalamnya, digunakan sebagai sumber detak (clock). Untuk menggunakannya, dihubungkan sebuah kristal 12 MHz ke pin XTAL1 dan XTAL2 dan dua buah kapasitor 33pF ke ground. Sedangkan pin reset dihubungkan ke sebuah kapasitor 10 μF dan resitor 2K2 yang dihubungkan ke ground. Saat tombol RESET ditekan maka mikrokontroler akan kembali pada kondisi awal.

Port P1.0 sampai P1.2 sebagai masukan dari rangkaian setting ke mikrokontroler, Port P0.0 sampai P0.7 sebagai keluaran ke LCD, Port P2.0 sampai P2.3

untuk mengaktifkan kerja dari rangkaian osilator I, Sedangkan port P2.4 untuk mengaktifkan buzzer.

Rangkaian Display

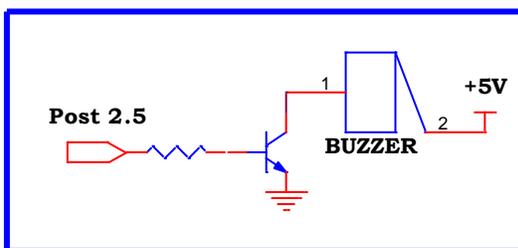
Pada rangkain display penulis menggunakan LCD tipe M1632 2x16 yang menampilkan 2 baris dengan 16 karakter. Layar LCD akan menampilkan karakter-karakter sesuai dengan setingan pada rangkaian setting frekuensi dan waktu.



Gambar 8. Rangkaian Tampilan LCD

LCD bekerja dengan VCC +5V ke ground. Pin-pin D0-D7 pada LCD mendapat data masukan dari port P0.0 sampai P0.7 keluaran mikrokontroler. Port P3.0 dan P3.1 dari mikrokontroler untuk mengaktifkan pin EN dan RS. Pin EN untuk mengunci data sedangkan pin RS untuk menulis ke register. Pin VEE untuk mengontrol kekontrasan pada LCD.

Rangkaian Buzzer



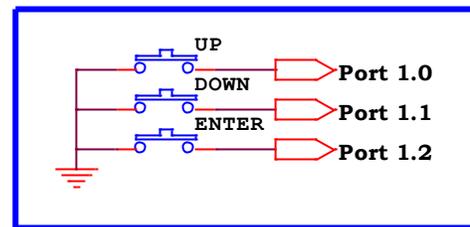
Gambar 9. Rangkaian Buzzer

Fungsi dari rangkaian ini adalah sebagai alarm atau tanda berakhirnya waktu yang di setting. Pada saat waktu hitung mundur mencapai 00.00 maka pada port 2.5 mikrokontroler akan berlogika "1", kaki basis transistor akan mendapat suplay yang menyebabkan adanya arus yang mengalir dari kolektor ke emiter, transistor saturasi. Bersamaan dengan itu, suplay 5V akan mengalir melewati buzzer menuju ground sehingga buzzer berbunyi.

Setting Rangkaian

Rangkain seting berfungsi untuk mengatur frekuensi dan waktu. Digunakan tiga buah tombol *push bottom*

untuk fungsi UP, DOWN dan ENTER. Tombol UP dihubungkan ke port P1.0 yang berfungsi untuk menaikkan nilai seting. Tombol DOWN ke port P1.1 untuk menurunkan nilai seting. Nilai-nilai setingan ini akan ditampilkan pada LCD. Jika nilai seting sudah sesuai maka tekan tombol ENTER yang dihubungkan ke port P1.2 untuk memulai kerja dari rangkaian.



Gambar 10. Setting Rangkaian

Saat alat dihubungkan ke tegangan jala-jala, tombol ON/OFF ditekan maka pada display LCD akan menampilkan inisialisasi. Jika tombol UP ditekan maka frekuensi yang semula 5 Hz akan naik 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz dan jika tombol DOWN ditekan maka frekuensi akan turun. Lakukan pemilihan salah satu frekuensi yang diinginkan. Setelah itu tekan tombol ENTER. Pada display akan menampilkan setting timer.

Tekan tombol UP atau DOWN untuk memilih lamanya waktu yang diinginkan. Setelah tekan tombol ENTER maka pada display akan menampilkan besarnya frekuensi dan waktu yang diinginkan. Pada saat yang bersamaan sistem kan bekerja mengaktifkan alat.

Pada saat waktu setting telah selesai maka, buzzer aktif dan berbunyi menandakan proses terapi telah selesai. Jika ingin menggunakan alat lagi maka tekan tombol RESET maka pada LCD akan menampilkan kembali inisialisasi. Jika tidak ada pemakaian lagi maka proses kerja alat berakhir.

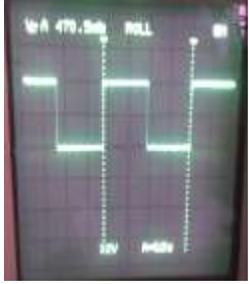
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dengan memakai alat ukur, sedangkan analisa data dengan menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{HasilPerhitungan} - \text{HasilPengukuran}}{\text{HasilPerhitungan}} \times 100\%$$

Tabel Hasil pengukuran dengan *Oscilloscope* TP 1

No	Frekuensi	Output pembangkit sinyal II	Ket
1	0,5 Hz		T/D=0,5 S V/D=2V F = 470,5Hz

Dengan melihat hasil pendataan di atas maka di buat analisa berdasarkan TP masing-masing. Berikut ini hasil dari analisa tiap TP.

1. Analisa Kesalahan pada TP1

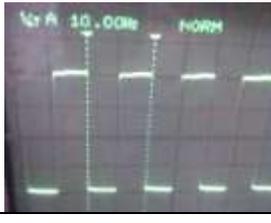
$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{0,5\text{Hz} - 470,5\text{mHz}}{0,5\text{Hz}} \times 100\%$$

$$= 0,059 \times 100\%$$

$$= 5,9\%$$

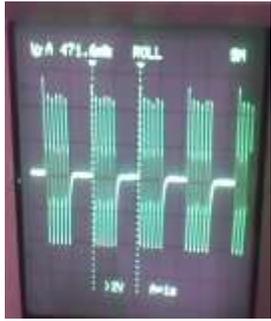
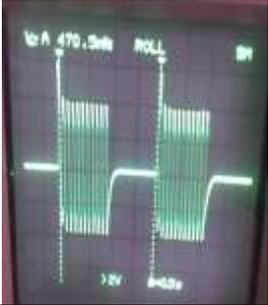
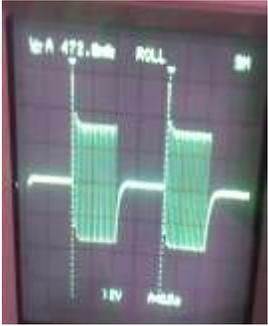
Melihat hasil penyimpangan pada TP1 yang cukup besar, dapat dilakukan analisa bahwa faktor komponen sangat berpengaruh untuk menentukan keakurasian. Pada saat perencanaan nilai resistor yang dihitung 143500 Ω. Diambil nilai pendekatan 150 kΩ. hal ini menyebabkan terjadi penyimpangan seperti di atas. Namun hasil ini masih dalam batas toleransi sehingga dianggap layak.

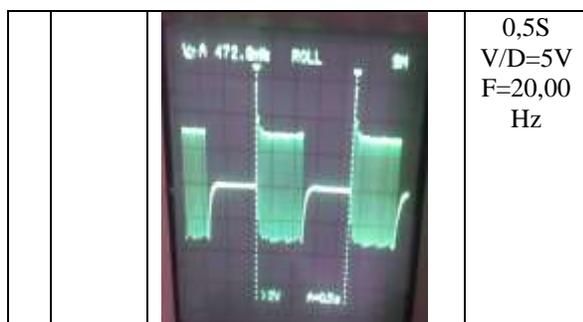
Tabel Hasil pengukuran dengan *Oscilloscope* TP 2

No	Frek	Output pembangkit sinyal I	Ket
1	5 HZ		T/D=50 mS V/D=5V F=5.000 Hz
2	10 Hz		T/D=50 mS V/D=5V F=10.00 Hz
3	15 Hz		T/D=50 mS V/D=5V F=15,03 Hz

			
4	20 Hz		T/D=50 mS V/D=5V F=20.00 Hz

Tabel Hasil pengukuran dengan *Osc. Storage* TP 3

No	Frek	Output	Ket
1	5 Hz		T/D= 1S V/D=2V F=5.000 Hz
2	10 Hz		T/D=0,5S V/D=2V F=10.00 Hz
3	15 Hz		T/D=0,5S V/D=1V F=15.03 Hz
4	20 Hz		T/D=



2. Analisa Kesalahan pada TP 2 & TP 3

Tabel 1 Hasil analisa TP 2 & TP 3

No	Frekuensi (Hz)		Penyimpangan (%)
	Teori	Pengukuran	
1	5	5.000	0
2	10	10.00	0
3	15	15.03	0,2
4	20	20.00	0

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Penyimpangan}}{4}$$

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{0 + 0 + 0.2 + 0}{4}$$

$$= 0,05 \%$$

Dilihat dari nilai kesalahan ternyata keakurasian sangat tinggi pada TP 2 & TP 3.

4.2 Uji Fungsi

Uji fungsi di sini membandingkan perhitungan timer pada modul dengan stopwatch.

Tabel 2. Hasil pengujian timer dengan stopwatch

No	Setting	Stopwatch	deviasi (%)
1	1	01,02	2
2	2	01,59	0.5
3	3	02,59	0.30
4	4	03,59	0.25
5	5	04,56	0.8
6	6	05,56	0.6

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{\text{Jumlah Penyimpangan}}{6}$$

$$\% \text{ Kesalahan} = \frac{2 + 0,5 + 0,3 + 0,25 + 0,8 + 0,6}{6}$$

$$= 0,74 \%$$

3. SIMPULAN

Elektrostimulator ini bekerja dengan baik pada saat dilakukan uji fungsi terhadap pasien, karena pasien merasakan rangsangan listrik seperti dipijat dengan getaran/kejutan yang berbeda untuk setiap pemilihan frekuensi terapi.

Elektrostimulator untuk refleksi telapak kaki dapat membantu atau sebagai alternatif lain bagi pasien yang ingin terapi/pijat refleksi telapak kaki tanpa harus datang ke tempat pijat refleksi.

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa untuk frekuensi 0,5Hz keakurasian 94,1%, frekuensi 5Hz keakurasian 100%, frekuensi 10 Hz keakurasian 100%, frekuensi 15Hz keakurasian 99,8% serta frekuensi 20 Hz keakuarian 100%. Keakuarasian timer rata-rata 0,74%. Dari keakuarasian diatas mengacu pada standar Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) masih masuk dalam range aman untuk dipakai buat terapi pasien (toleransi penyimpangan <10%).

DAFTAR PUSTAKA

- Coughlin, R.F, Driscoll, F.F. 1983. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Penerjemah Soemitro, H.W., Erlangga, Jakarta.
- Gabriel, J.F., 1996. *Fisika Kedokteran*. Departemen Fisika Udayana Denpasar-Bali, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta.
- Joseph Kaha, 1987. *Principles and Practice of Therapy*, Churchill Livingston.
- Malvino, A.P., 1997. *Prinsip-Prinsip Elektronika*, terjemahan Barmawi, M., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ruud, M., 1973. *Basic Concepts of cardiovascular physiology*. Hewlet-Packard Company Medical Electronics division Waltham Masseuretts, 1973.