

# PERANCANGAN ELEKTROSTIMULATOR

Disusun Oleh :

SULAIMAN  
NIM : 00 812 0008



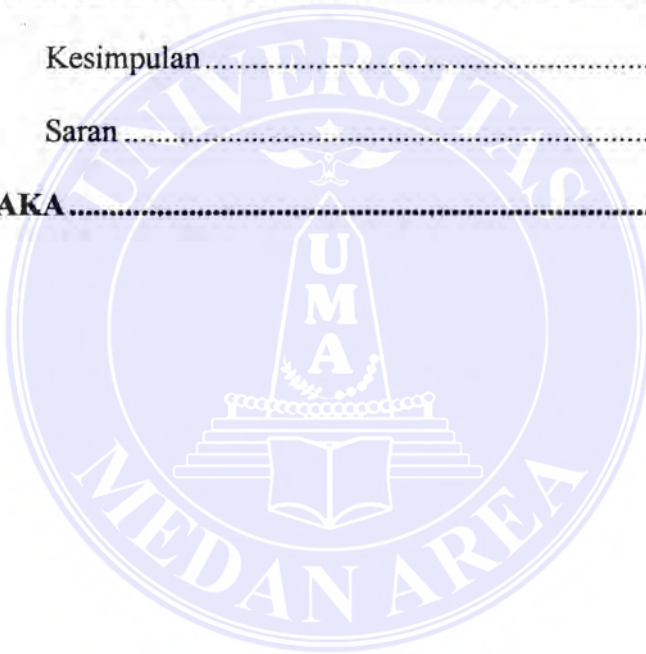
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2003**

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Perancangan.....	2
1.4 Batasan Perancangan.....	2
1.5 Tuntutan Perancangan.....	3
1.6 Metode Perancangan.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 Bioelektrik pada Elektrostimulator.....	7
2.1.1 Pembangkit Pulsa.....	7
2.1.2 Efek Fisiologis dan Teraupetik.....	7
2.1.3 Tata Laksana Terapi.....	8
2.1.4 Bahaya dan Pencegahan.....	19
2.1.5 Kontra Indikasi.....	20

2.2	Pengganda Tegangan.....	21
2.3	Transistor.....	22
2.4	Penguat Operasi.....	25
2.4.1	Penguat Pembalik.....	26
2.4.2	Penguat Tak Pembalik.....	27
2.5	IC 555.....	28
2.5.1	IC 555 Bekerja Sebagai Multivibrator Tak Stabil.....	28
2.5.2	IC 555 Bekerja Sebagai Multivibrator Monostabil.....	30
<b>BAB III</b>	<b>PERANCANGAN SISTEM.....</b>	<b>33</b>
3.1	Tuntutan Perancangan.....	33
3.2	Blok Diagram Perancangan.....	34
3.3	Catu Daya.....	36
3.4	Pengganda Tegangan.....	37
3.5	Pembangkit Pulsa.....	38
3.6	Rangkaian Kontinyu.....	40
3.7	Pengatur Intensitas.....	41
3.8	Penguat dan Switching.....	42
3.9	Pewaktu.....	44

<b>BAB VI</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISA.....</b>	<b>48</b>
4.1	Rangkaian Catu Daya .....	48
4.2	Rangkaian Pengganda Tegangan .....	51
4.3	Rangkaian Pembangkit Pulsa.....	52
4.4	Rangkaian Pewaktu Treatment .....	58
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>62</b>
5.1	Kesimpulan.....	60
5.2	Saran.....	61
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>62</b>



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Banyak penyakit atau gangguan kesehatan yang sering dikeluhkan pasien yang dalam proses penyembuhannya dengan menggunakan elektrostimulator. Beberapa jenis penyakit yang proses penyembuhannya dengan menggunakan elektrostimulator antara lain darah tinggi sehingga menyebabkan kekakuan otot, wajah, stres, pemulihan fungsi gerakan tungkai (lengan dan kaki) akibat kecelakaan dan lain-lain. Karena pentingnya peran peralatan elektrostimulator dalam proses penyembuhan, maka elektrostimulator banyak dimiliki oleh rumah sakit pemerintah dan swasta maupun klinik-klinik rehabilitasi medis diseluruh Indonesia.

Penggunaan elektrostimulator di Indonesia sudah banyak, namun sebagian besar peralatan elektrostimulator yang saat ini digunakan masih merupakan produk impor yang berasal dari berbagai negara dengan beragam merek. Beberapa merek yang sudah banyak dikenal adalah Enraff, Siemens, TNS Clinic dan Bircher. Elektrostimulator tersebut berasal dari negara yang berlainan, sehingga desain dan spesifikasi teknisnya beragam, disamping itu karena merupakan produk impor, maka peralatan elektrostimulator relatif mahal.

## 1.2 Permasalahan

Beberapa permasalahan yang sering muncul berkaitan dengan elektrostimulator adalah selain harganya tinggi juga bila mengalami kerusakan, tindakan perbaikannya sulit dan mahal. Hal ini dapat disebabkan oleh :

1. Tidak dipahaminya buku petunjuk pemeliharaan peralatan tersebut karena menggunakan bahasa asing.
2. Data komponen yang sulit dicari, terutama jenis komponen IC.
3. Sulit mendapatkan suku cadang, atau bila ada, harganya sangat mahal karena harus dibeli dari suplayer keagenan yang ada di Indonesia.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang sering muncul, maka tujuan penelitian ini adalah merancang peralatan elektrostimulator dengan menggunakan komponen yang banyak tersedia dipasaran lokal, harga yang relatif lebih rendah dan desain sistem yang sederhana namun tetap memperhatikan faktor keselamatan bagi pasien dan operator.

## 1.4 Batasan Perancangan

Perancangan yang dilakukan pada penelitian ini difokuskan pada sistem pembangkit pulsa arus listrik yang digunakan pada elektrostimulator pembangkit pulsa yang sudah dikenal umum. Dalam perancangan ini sistem elektrostimulator

dilengkapi dengan *timer* (pewaktu) yang dapat diatur untuk menentukan lamanya *treatment* stimulasi pulsa listrik.

## 1.5 Tuntutan Perancangan

Elektrostimulator yang digunakan dalam bidang terapi kedokteran mempunyai beberapa parameter keluaran dalam sistem kerjanya. Parameter-parameter tersebut mempunyai nilai batas minimum dan maksimum, agar proses terapi yang dilakukan menggunakan alat ini efektif bagi penyembuhan dan memiliki tingkat keamanan yang tinggi.

Berdasarkan studi literatur dan analisis perbandingan serta kondisi teknis elektrostimulator yang saat ini banyak digunakan, ada beberapa hal yang menjadi tuntutan yang harus dipenuhi dalam perancangan elektrostimulator, yaitu :

1. Elektrostimulator dapat diberi catu daya baterai atau jala-jala listrik 220 volt.
2. Konsumsi arus alat 150 mA.
3. Besar tegangan yang diberikan kepada pasien 0 - 25 volt.
4. Bentuk pulsa segi empat (rectangular)
5. Jumlah pulsa (frekuensi) 1-100 Hz/detik
6. Lamanya *treatment* 2-12 menit.

## 1.6 Metode Perancangan

Ada beberapa metode yang dilakukan dalam melakukan perancangan sistem elektrostimulator ini. Metode-metode tersebut adalah :

## 1. Studi literatur

Studi literatur meliputi sistem bioelektrik tubuh manusia , efek kimia yang terjadi dalam tubuh akibat pemberian arus listrik dan karakteristik komponen elektronika pendukung.

## 2. Metode komperatif (perbandingan)

Perbandingan terhadap peralatan elektrostimulator yang telah ada saat ini dilakukan agar diketahui sistem yang diperlukan bagi sebuah peralatan elektrostimulator yang baik dan aman.

## 3. Perancangan, perakitan dan pengujian

Setelah dilakukan spesifikasi klinis dan teknik yang harus dipenuhi, kemudian dilakukan perancangan, perakitan dan pengujian.

## 4. Metode analisis

Untuk mengetahui sistem yang dirancang sudah memenuhi spesifikasi yang diperlukan dan berapa jauh penyimpangan kuantitas variabel-variabel utama, maka dilakukan analisis berdasarkan perbandingan antara nilai terukur dengan nilai yang diharapkan menurut perhitungan teori.

### 1.7. Metode Penelitian

Sistematika penulisan dalam penelitian ini mengikuti alur sebagai berikut :



## **BAB I. PENDAHULUAN**

Berisi perkembangan alat kesehatan terutama tentang elektrostimulator yang ada saat ini. Kemudian latar belakang yang mendasari perancangan ini dan disusul oleh permasalahan yang muncul. Setelah dipaparkan tujuan penelitian dan batasan perancangan serta tuntutan perancangan. Kemudian metode perancangan yang dilakukan dan sistematika penulisan rancangan ini.

## **BAB II. LANDASAN TEORI**

Dasar teori dari sistem bioelektrik pada elektrostimulator yang meliputi pembangkit pulsa, efek fisiologis dan teraupetik serta tata laksana terapi. Kemudian teori elektronika pendukung yang terdiri dari pengganda tegangan, transistor, penguat operasi, IC 555 sebagai pembangkit pulsa dan IC 555 sebagai *timer*.

## **BAB III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ELEKTROSTIMULATOR**

Bab ini berisi tuntutan perancangan, blok diagram sistem, rangkaian catu daya, timer, pembangkit pulsa, penguat dan switching. Juga dibahas cara kerja dan perhitungan secara teori.

## **BAB IV. ANALISA PERANCANGAN**

Pada bab ini dilakukan perbandingan antara hasil perhitungan secara teori dengan hasil pengukuran yang dilakukan pada masing-masing rangkaian pendukung

sistem, sehingga diketahui prosentase penyimpangan sistem alat yang telah dirancang.

## **BAB V. PENUTUP**

Berisi kesimpulan hasil analisis rangkaian dan perhitungan teori pendukung, serta saran bagi perkembangan elektrostimulator lebih lanjut.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

Dasar teori yang melandasi perancangan ini meliputi sistem bioelektrik tubuh dan komponen elektronika pendukung. Sistem bioelektrik tubuh berkaitan dengan elektrostimulator yang terdiri dari pembangkitan pulsa *treatment*. Efek fisiologis dan terapeutik serta tata laksana terapi. Komponen elektronika pendukung terdiri dari rangkaian pengganda tegangan, penguat operasi, transistor dan IC 555.

#### 2.1 Bioelektrik Pada Elektrostimulator

Ada tiga aspek penting yang berkaitan dengan pemberian rangsangan pulsa listrik terhadap tubuh. Ketiga aspek tersebut adalah pembangkit pulsa *treatment*. Efek fisiologis dan terapeutik serta tata laksana pemberian terapi.

##### 2.1.1 Pembangkitan Pulsa

Pada peralatan elektrostimulator, ada beberapa pembangkit pulsa bagi keperluan *treatment*, yaitu menggunakan sistem *faradic coil* atau menggunakan sistem elektronik. Sistem kedua inilah yang paling banyak digunakan. Dalam pembangkit pulsa listrik pada elektrostimulator, beberapa syarat harus dipenuhi agar dapat menimbulkan efek fisiologis dan terapeutik dan agar faktor keselamatan bagi pasien dan operator terpenuhi. Persyaratan tersebut menyangkut bentuk pulsa,

jumlah pulsa perdetik (frekuensi) dan durasi (lebar) pulsa serta besarnya arus (intensitas) dan tegangan pulsa.

### 2.1.2. Efek Fisiologis dan Teraupetik

Bila arus faradik dialirkan kedalam tubuh, maka akan terjadi efek yang dirasakan sebagai tusukan-tusukan yang sangat halus. Hal ini disebabkan terjadinya stimulasi pada saraf sensoris. Bila durasi pulsa yang diberikan singkat, maka rasa tusukan-tusukan tersebut hanya ringan saja. Rangsangan pada syaraf sensoris mengakibatkan reflek pelebaran pembuluh darah permukaan kulit (*vasodilitasi*), sehingga kulit akan nampak kemerah-merahan (*erytoma*). Hal ini hanya terjadi pada permukaan kulit, sehingga pengaruhnya tidak begitu besar.

Bila arus faradik yang dialirkan besar intensitasnya, maka akan timbul kontraksi otot pada syaraf-syaraf yang diberi rangsangan. Dengan rangsangann pulsa listrik berfrekuensi 50 Hz atau lebih, kontraksi yang terjadi bersifat tetanik, dan apabila dibiarkan cukup lama, maka akan timbul kelelahan otot. Oleh karena itu pemberian arus faradik harus terputus-putus supaya memberi kesempatan kepada otot untuk beristirahat. Jika arus diputus-putus, maka kontraksi yang timbul semakin kuat dan kemudian menurun seperti yang terjadi pada *voluntary contraction*.

Bila suatu otot berkontraksi akibat rangsangan, maka peristiwa yang terjadi dalam otot sama dengan peristiwa kontraksi *voluntary*, yaitu terjadi kenaikan metabolisme. Kenaikan metabolisme menyebabkan meningkatnya kebutuhan oksigen dan sari-sari makanan serta penambahan bahan-bahan sisa, termasuk

*metabolite* menyebabkan pelebaran pembuluh darah kapiler dan arteriole, sehingga menyebabkan suplai darah ke otot bertambah.

Semakin sering otot berkontraksi dan berelaksasi, timbul efek pemompaan darah vena kecil (*venula*) didalam dan disekitar otot. Kemudian kontraksi otot yang cukup kuat akan menimbulkan gerakan sendi dan akan memberikan efek pemompaan yang memperlancar peredaran darah vena dan limpa. Bila kontraksi timbul dalam jumlah besar dan melawan tahanan, maka akan terjadi *hypertrophy* dan penguatan otot.

Efek kimia terjadi apabila arus searah mengalir melalui elektrolit. Bila efek tersebut terjadi pada kulit akan timbul efek terbakar (*erytema*). Pada peralatan elektrostimulator dengan arus faradik, terminal-terminal elektrodanya tidak ditandai positif atau negatif karena arus searah. Tetapi kontraksi otot akan lebih mudah diperoleh electrode aktifnya dihubungkan katoda (+) dari fase yang voltasenya maksimum.

Penderita yang tidak mampu melakukan gerakan atau mengalami hambatan berkontraksi, dapat dibantu dengan menggunakan rangsangan elektris. Efek ini nampak jelas apabila kontraksi otot terhambat oleh rasa nyeri atau luka baru, sehingga stimulasi dapat diberikan untuk mempermudah kontraksi otot lewat mekanisme *muscle spindle*. Bila terjadi kontraksi, impuls muncul dari gamma neuron menuju ke serabut-serabut intrafusul yang akan menyebabkan serabut tersebut berkontraksi.

Kontraksi menimbulkan ketegangan yang mengakibatkan aktifnya organ-organ *receptor* dalam *muscle spindle* yang selanjutnya impuls diteruskan ke *medula spinalis*. Hal ini menyebabkan kenaikan eksitabilitas dari alfa neuron, sehingga memudahkan transmisi impuls ke serabut-serabut *extrafusul motor point* yang kemudian terjadi kontraksi.



Gambar 2.1 Sirkuit muscle spindle

(Arthur C. Guyton, 1976)

Pada waktu yang sama, impuls dari *muscle spindle* menyebabkan inhibisi pada grup otot antagonis, nyeri yang ada menimbulkan pengaruh inhibisi pada alfa neuron, sehingga menghambat transmisi impuls ke motor unit. Apabila serabut-serabut syaraf *efferen* dari *muscle spindle* dirangsang secara elektris, hal ini akan mengurangi inhibisi sehingga mempermudah jalannya impuls ke otot dan juga memberikan relaksasi pada grup otot antagonis.

Apabila suatu kontraksi terhambat oleh rasa nyeri atau luka baru, seperti misalnya dengan adanya *rheumatoid arthritis* yang sangat nyeri, stimulasi faradik dapat membantu memperoleh kontraksi yang bersifat *voluntary*. Pada saat memberikan pengobatan, posisi penderita diatur sedemikian rupa sehingga bebas dari rasa nyeri dan dijaga agar tidak terjadi gerakan yang akan menimbulkan rasa nyeri, karena hal tersebut akan menghambat impuls dan alfa neuron. Pada saat dirangsang, penderita harus mencoba menggerakkan bagian alfa neuron. Rangsangan ini hanya diberikan kalau penderita belum dapat menggerakkan otot tanpa bantuan.

Pada kerusakan syaraf sensoris, seperti cedera syaraf medianus, impuls yang berasal dari otak tidak sampai pada syaraf otot yang dituju sehingga gerakan *voluntary* hilang. Bila syaraf tidak (belum) mengalami degeneasi rangsangan menggunakan arus faradik disebelah distal kerusakan akan dapat menimbulkan kontraksi. Jadi arus faradik dapat digunakan untuk melatih otot yang paralysis seperti pada *neuropaxia*. Namun bila suatu syaraf terpotong, akson akan mengalami degenerasi sehingga stimulasi arus faradik tidak menimbulkan kontraksi.

Pemberian arus faradik pada serabut-serabut otot yang masih *innervated* (syarafnya masih dapat menghantarkan rangsangan) akan menyebabkan kontraksi. Bila serabut-serabut otot itu masih belum mampu mengadakan kontraksi aktif, maka perlu pemberian kekuatan *voluntary* pada awal treatment, sedangkan untuk kerusakan syaraf yang sedang dalam proses penyembuhan, kekuatan *voluntary* datang lebih dahulu dari pada respon (tanggapan) terhadap arus faradik pada serabut-serabut otot yang berkontraksi secara aktif. Untuk serabut-serabut otot yang belum mendapatkan perbaikan, maka tidak akan memberikan respon.

### 2.1.3. Tata Laksana Terapi

Arus faradik digunakan untuk menimbulkan kontraksi otot *denervated*, yaitu otot yang syarafnya masih dapat menghantarkan rangsangan. Tujuannya adalah memelihara sifat fisiologis dari otot dan mempertahankan pemberian nutrisi kejangingan.

Pemberian arus faradik kepada pasien perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

#### 1. Persiapan alat.

Pertama alat elektrostimulator dan aksesoris pendukung disiapkan pada tempatnya. Kemudian alat diuji, apakah dapat bekerja dengan baik. Mengalirnya arus dari PLN ke mesin ditunjukkan oleh lampu indikator. Semua simbol-simbol yang ada diuji untuk mengetahui bahwa alat berfungsi dengan baik. Pemberian arus listrik ke pasien diuji dengan menempatkan kedua elektroda pada celah jari-



jari tangan yang lembab. Pada daerah kulit tempat elektroda diletakkan akan terasa tusukan-tusukan halus.

Sebagai elektroda aktif, dapat digunakan *disk elektrode* atau plat metal yang di (*pad*). Sedangkan *indifferent elektrode* menggunakan plat metal yang dilapisi kain mori minimal 8 lapis, sehingga cukup tebal untuk mendapatkan kontak yang sempurna dan dapat menyerap efek kimia yang mungkin terjadi. Lipatan kain harus rata dan tidak ada benang yang terjulur keluar, agar distribusi arus merata dan tidak terpusat pada suatu titik atau daerah yang terbatas. Untuk menjaga kelembaban, *pad* direndam dalam larutan air garam 1 % agar mempunyai daya hantar yang baik. Diameter elektrode harus setengah inchi lebih besar daripada *pad* untuk menghindari kemungkinan elektrode menyentuh kulit yang akan menyebabkan nyeri dan dapat merusak kulit akibat adanya efek kimia.

Bentuk elektrode harus melingkar untuk menghindari adanya sudut yang menyebabkan terjadinya konsentrasi arus pada ujung bengkakan yang menusuk kain (*pad*). Kartu *motor point* disiapkan untuk memudahkan pengobatan. Lalu alat dihidupkan dengan tingkat intensitas nol atau nilai terendah.

## 2. Persiapan pasien

Bagian tubuh yang akan diobati harus bebas dari sesuatu yang dapat menghalangi mengalirnya arus listrik seperti pakaian, atau yang dapat menyebabkan konsentrasi arus listrik seperti jam tangan, perhiasan dan lain-lain. Setelah dibersihkan dengan alkohol atau cairan lain yang dapat mengurangi tahanan (*resistansi*) kulit, bagian tubuh tersebut dikeringkan.

Pasien diposisikan serileks mungkin untuk memerikan kesan yang menyenangkan selama pengobatan. Untuk mempermudah timbulnya kontraksi otot yang akan dirangsang, bagian tubuh diposisikan dalam posisi otot memendek. Kemudian bagian tubuh tersebut diberi test pendahuluan dengan ditusuk menggunakan benda lancip dan tumpul sementara mata pasien tertutup.

Perlu juga memberitahukan kepada pasien tentang manfaat dari elektrostimulator dan meyakinkan bahwa pengobatan yang dilakukan akan berlangsung aman.

### 3. Pemasangan elektrode

Kulit mempunyai nilai tahanan (resistansi) yang sangat tinggi terhadap arus listrik, karena terdiri dari lapisan-lapisan luar yang mengandung cairan dan ion-ion. Hal ini dapat dikurangi dengan cara mencucinya dengan menggunakan alkohol untuk menghilangkan minyak pada permukaan kulit, Selain itu permukaan kulit diusahakan tetap lembab dengan cara dibasahi air garam sebelum elektrode (*pad*) dipasang. Apabila terdapat luka atau lecet pada kulit yang dapat menyebabkan konsentrasi arus listrik pada daerah tersebut. Luka atau lecet tersebut ditutup dengan bahan isolator seperti vaselin, dan di atasnya diletakkan bahan anti lembab untuk melindungi elektroda (*pad*). *Indifferent* elektroda ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengandung *motor point*, supaya kontraksi hanya timbul pada daerah *indifferent* elektroda dan tidak pada kumpulan otot yang antagonis.

*Indifferent* elektroda dipasang berdasarkan metode pengobatan, yaitu pada *nerve trunk* dari syaraf yang menuju ke otot *origo* atau *insertio pleksus*. Ukuran

*indifferent* elektroda ini harus lebih besar dari pada aktif elektroda, supaya tidak terjadi konsentrasi arus pada *indifferent* elektroda, untuk mencegah terjadinya kontraksi pada otot-otot dibawah indiffrent elektroda, dan untuk mengurangi rangsangan kulit. Elektroda-elektroda (*indefferent* dan aktif) tersebut di atasnya dipasang bahan isolator, misalnya karet untuk melindungi bahan fiksasi.

#### 4. Pemakaian arus

Pemasangan elektrode aktif harus melekat erat pada bagian tubuh yang terdapat *motor point* otot-otot. *Motor point* adalah suatu titik dimana kontraksi otot paling besar diperoleh.

Penempatan elektroda aktif harus nyaman mungkin bagi pasien, dan dapat terlihat oleh ahli fisioterapi. Intensitas arus dinaikkan perlahan-lahan sampai timbul suatu kontraksi. Bila menggunakan *surged manual*, maka pemutusan arus dikerjakan secara teratur. Namun bila menggunakan *automatic surging*, maka perlu diperhatikan dalam memilih durasi pulsa dan frekuensi. *Automatic surging* mempunyai keuntungan satu tangan ahli fisioterapi bebas untuk meraba otot yang dirangsang. Kontraksi *voluntary* dapat dicoba pada saat memberikan rangsangan, terutama jika rangsangan yang dimaksudkan untuk latihan. Lamanya *treatment* tergantung dari kondisi otot dan tujuan dari pemberian rangsangan. *Treatment* dapat diberikan selama 20 – 30 menit, dan masing-masing otot berkontraksi sebanyak 90 kali. Biasanya tiap motor point diberikan 20 – 30 kali kontraksi, kemudian berpindah ke *motor point* lainnya. Apabila semua *motor point* telah diberikan rangsangan, maka rangsangan diberikan kepada *motor point* yang

pertama kali dirangsang, dan demikian seterusnya, Kelelahan otot dapat diketahui dengan melemahnya kontraksi.

## 5. Metode stimulasi

Didalam pemberian rangsangan ada beberapa metode yang dipergunakan yaitu :

### a. Stimulasi *motor point*

Metode ini paling sering digunakan dalam tindakan klinis, karena bisa diperoleh kontraksi dari masing-masing otot secara terkoordinir dan efisien dengan kontraksi yang optimum.

Kelemahan metode ini adalah apabila jumlah otot yang dirangsang jumlahnya banyak, maka sulit untuk mendapatkan kualitas kontraksi yang cukup untuk masing-masing otot.

### b. Stimulasi secara grup

Metode secara grup efektif untuk melatih otot yang kerjanya secara bersamaan (grup) dan memungkinkan otot untuk berkontraksi lebih banyak bila dibandingkan dengan menggunakan *metode motor point*. Lamanya *treatment* yang diberikan selama 20 - 30 menit dan masing-masing otot berkontraksi 90 kali. Umumnya otot berkontraksi dulu sebanyak 20 - 30 kali kemudian berganti ke otot yang pertama kali berkontraksi, dan demikian seterusnya hingga selesai. Kelelahan otot dapat diketahui dengan melemahnya kontraksi.

### c. *Labile treatment*

Metode *labile treatment* digunakan untuk merangsang otot-otot yang lebih banyak terdapat syaraf. Pada metode ini, *indifferent* elektroda dipasang pada

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

*motor point*, sedangkan aktif elektroda bergerak bergeser pada bagian tubuh yang diterapi. Aktif elektroda dapat berupa *disc/pad* elektroda yang kecil. Arus tidak perlu di-*surge* karena elektroda yang menyentuh dan meninggalkan *motor point* telah memberikan efek kontraksi dan relaksasi. Hal ini menyebabkan agak sulit untuk menentukan dosis stimulasi terhadap syaraf sensoris yang lebih besar.

#### d. *Nerve condition*

Metode *nerve condition* digunakan apabila *motor point* otot yang dirangsang tidak dapat dicapai karena adanya luka sehingga terjadi *oedem* pada sekitar otot tersebut, sehingga rangsangan pada *motor point* tidak dapat diberikan.

Pada metode *nerve condition*, suatu *nerve trunk* dirangsang sehingga semua syaraf yang terdapat pada otot yang diterapi akan berkontraksi. *Indifferent* elektroda dipasang di daerah yang aman, sedangkan aktif elektroda diletakkan pada *nerve trunk* yang berada dekat dengan permukaan kulit.

#### e. *Bath treatment*

*Bath treatment* menggunakan media air sebagai sarana penghantar arus listrik. Arus pada umumnya di-*surge* dengan intensitas yang cukup untuk menimbulkan kontraksi. Keuntungan dari metoda ini adalah bahwa air menghasilkan kontak yang sempurna, tahanan kulit berkurang karena terendam air, komplikasi-komplikasi yang terjadi pada pemakaian *pad* dapat dihindari, serta efek yang diperoleh lebih luas. Dan efek ini sangat efektif untuk memperbaiki peredaran darah.

pertama kali dirangsang, dan demikian seterusnya, Kelelahan otot dapat diketahui dengan melemahnya kontraksi.

## 5. Metode stimulasi

Didalam pemberian rangsangan ada beberapa metode yang dipergunakan yaitu :

### a. Stimulasi *motor point*

Metode ini paling sering digunakan dalam tindakan klinis, karena bisa diperoleh kontraksi dari masing-masing otot secara terkoordinir dan efisien dengan kontraksi yang optimum.

Kelemahan metode ini adalah apabila jumlah otot yang dirangsang jumlahnya banyak, maka sulit untuk mendapatkan kualitas kontraksi yang cukup untuk masing-masing otot.

### b. Stimulasi secara grup

Metode secara grup efektif untuk melatih otot yang kerjanya secara bersamaan (grup) dan memungkinkan otot untuk berkontraksi lebih banyak bila dibandingkan dengan menggunakan *metode motor point*. Lamanya *treatment* yang diberikan selama 20 – 30 menit dan masing-masing otot berkontraksi 90 kali. Umumnya otot berkontraksi dulu sebanyak 20 – 30 kali kemudian berganti ke otot yang pertama kali berkontraksi, dan demikian seterusnya hingga selesai. Kelelahan otot dapat diketahui dengan melemahnya kontraksi.

### c. *Labile treatment*

Metode *labile treatment* digunakan untuk merangsang otot-otot yang lebih banyak terdapat syaraf. Pada metode ini, *indifferent* elektroda dipasang pada

*motor point*, sedangkan aktif elektroda bergerak bergeser pada bagian tubuh yang diterapi. Aktif elektroda dapat berupa *disc/pad* elektroda yang kecil. Arus tidak perlu di-*surge* karena elektroda yang menyentuh dan meninggalkan *motor point* telah memberikan efek kontraksi dan relaksasi. Hal ini menyebabkan agak sulit untuk menentukan dosis stimulasi terhadap syaraf sensoris yang lebih besar.

d. *Nerve condition*

Metode *nerve condition* digunakan apabila *motor point* otot yang dirangsang tidak dapat dicapai karena adanya luka sehingga terjadi *oedem* pada sekitar otot tersebut, sehingga rangsangan pada *motor point* tidak dapat diberikan.

Pada metode *nerve condition*, suatu *nerve trunk* dirangsang sehingga semua syaraf yang terdapat pada otot yang diterapi akan berkontraksi. *Indifferent* elektroda dipasang di daerah yang aman, sedangkan aktif elektroda diletakkan pada *nerve trunk* yang berada dekat dengan permukaan kulit.

e. *Bath treatment*

*Bath treatment* menggunakan media air sebagai sarana penghantar arus listrik. Arus pada umumnya di-*surge* dengan intensitas yang cukup untuk menimbulkan kontraksi. Keuntungan dari metoda ini adalah bahwa air menghasilkan kontak yang sempurna, tahanan kulit berkurang karena terendam air, komplikasi-komplikasi yang terjadi pada pemakaian *pad* dapat dihindari, serta efek yang diperoleh lebih luas. Dan efek ini sangat efektif untuk memperbaiki peredaran darah.

Kerugian metoda ini adalah pengobatan tidak dapat dilokalisir meskipun kontraksi otot dapat terjadi secara serentak, tetapi otot-otot yang berkontraksi tidak sama kuatnya, karena otot yang berada dipermukaan akan lebih kuat berkontraksi dari pada lapisan kulit dalam.

Bervariasinya tegangan menyebabkan perubahan intensitas lebih besar dari arus yang masuk, karena tahanan (resistansi) kulit berkurang. Kulit tidak perlu dicuci, dan bahan-bahan dari logam harus disingkirkan dari daerah terapi, karena dapat menimbulkan konsentrasi arus listrik. Air yang digunakan sebaiknya cukup hangat.

f. Faradisasi *under pressure*

Metoda ini digunakan untuk memperlancar aliran darah vena dan limpa dari tempat *oedem*, dan diperlukan kontraksi banyak otot dengan menggunakan elektroda besar pada *motor point* atau *nerve condition*.

Pada *nerve condition*, *nerve trunk* dari anggota tubuh yang bersangkutan dirangsang disebelah proksimal dari daerah *oedem*. Anggota tubuh dielevasikan sehingga gaya gravitasi membantu aliran darah vena dan limpa. Selain itu anggota tubuh tersebut dibalut dengan balut elastik.

Balutan tersebut akan menambah penekanan pada pembuluh darah sewaktu otot berkontraksi, dan gaya elastisitasnya pada saat relaksasi memberikan efek pemompaan. Arus *di-surge* perlahan agar memperoleh efek pemompaan yang lebih efektif.



*Treatment* berlangsung selama 20 menit dengan sering diberikan waktu istirahat, karena metoda ini cukup melelahkan.

g. *Intcrrupted Direct Current* (IDC)

Metoda pemberian IDC adalah dengan merangsang langsung otot-otot yang syarafnya telah terputus dan mengalami degenerasi komplit.

Pada umumnya diberikan setelah 2 atau 3 minggu dari cedera syaraf. Rangsangan ini ditujukan bagi otot degenerasi, karena jika dibiarkan akan menjadi jaringan fibrous. Dengan demikian rangsangan ini bertujuan memperlambat proses degenerasi tersebut.

#### 2.1.4 Bahaya dan Pencegahan

Pada pelaksanaan *treatment* dengan menggunakan elektrostimulator dapat menimbulkan bahaya seperti *electric shock*, sehingga perlu diperhatikan upaya pencegahannya.

*Electric shock* yaitu *shock* yang disebabkan oleh pemberian arus besar secara tiba-tiba yang dapat mengakibatkan pasien merasa sakit yang disertai kejang-kejang, bisa tidak sadarkan diri dengan diikuti fibrilasi otot jantung yang tidak diatur, bahkan bisa terhenti dan dapat berakhir dengan kematian.

Pencegahan adalah apabila selama melakukan *treatment* terjadi rasa sakit yang tidak normal atau berlebihan, maka perlu penghentian *treatment* dan melepas elektroda untuk segera memperbaiki atau mengganti dengan elektroda yang baru.

### 2.1.5 Kontra Indikasi

Didalam pelaksanaan *treatment* dengan menggunakan elektrostimulator, pemberian arus mempunyai kontra indikasi :

a. Hilangnya sensitivitas kulit pasien.

Apabila mengalami hilangnya sensitivitas kulit, maka pasien tidak akan merasakan kenaikan intensitas arus, sehingga sulit untuk mengetahuinya dan dapat mengakibatkan *erytema*.

b. Adanya logam pada daerah yang akan diberikan *treatment*.

Hal ini dapat terjadi pemusatan arus di daerah tersebut dan bisa menimbulkan *erytema* yang serius.

c. Daerah luka.

Pemberian rangsangan pada daerah luka bisa mengakibatkan konsentrasi arus listrik.

d. Bayi atau anak kecil.

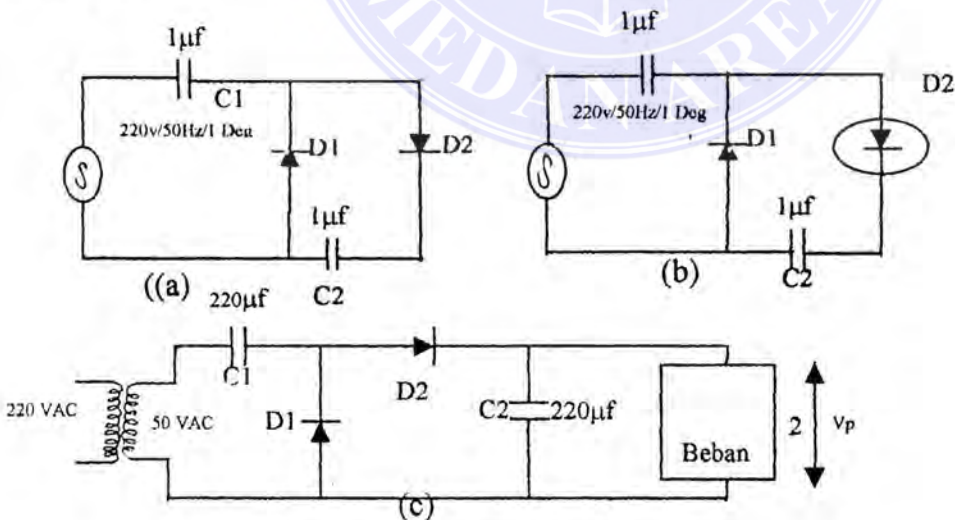
Pemberian rangsangan pada bayi atau anak-anak tidak diperbolehkan dan bisa membahayakan. Hal ini dikarenakan pasien belum dapat berkomunikasi tentang *treatment* yang diberikan, apakah arus rangsangan sudah masuk atau belum dan seberapa tingkat toleransi pasien terhadap rasa sakit, sehingga hal ini merupakan kendala bagi ahli fisioterapi.

Hal yang sama juga berlaku pada pasien yang terganggu ingatannya (gila)

## 2.2 Pegganda Tegangan

Pegganda tegangan adalah dua penyearah puncak yang menghasilkan tegangan DC sama dengan perkalian dua atau lebih dari tegangan input (AC). Satu daya hasil penggandaan tegangan ini banyak digunakan dalam aplikasi tegangan tinggi-arus rendah. Rangkaian ini cocok digunakan dalam rangkaian elektrostimulator yang bercatu daya 6 – 15 VDC, namun harus memberi tegangan stimulasi beberapa kali lebih besar dari catu dayanya.

Gambar 2.2a. adalah pengganda tegangan sebesar 2 kali  $V_p$ , hubungan dari dua penyearah puncak. Pada puncak dari setengah siklus negatif, diode  $D_1$  terbias maju (*forward*) dan diode  $D_2$  terbias mundur (*reverse*). Hal ini digunakan untuk mengisi kapasitor  $C_1$  sampai tegangan puncak  $V_p$  dengan polaritas seperti pada gambar 2.2b.



Gambar 2.2 Pegganda Tegangan

(Albert Paul Malvino, 1992)

Pada puncak setengah siklus positif, diode D1 terbias mundur (*reverse*) dan diode D2 terbias maju (*forward*). Sumber tegangan dan kapasitor C1 terpasang seri, kapasitor C2 akan diisi 2 kali tegangan puncak  $V_p$ .

Setelah beberapa kali siklus tegangan pada kapasitor C2 akan sama dengan 2 kali tegangan puncak  $V_p$  seperti pada gambar 2.2.c

### 2.3 Transistor

Dengan cara men-dop bahan semikonduktor untuk mendapatkan kristal *nnp* atau kristal *pnp* yang kemudian disebut dengan *kristal junction*. Daerah *n* mempunyai banyak sekali elektron pita konduksi dan daerah *p* mempunyai banyak sekali hole, sehingga transistor junction disebut juga dengan *transistor bipolar*.

Gambar 2.3a menunjukkan kristal *nnp* dimana *emiter* di-dop sangat banyak, caranya adalah mengemisikan atau menginjeksikan elektron kedalam basis. Basis di-dop sampai sedikit dan sangat tipis, ia melakukan sebagian besar elektron yang diinjeksikan ke dalamnya menuju kolektor. Banyaknya doping pada kolektor adalah diantara banyaknya doping pada emiter dan banyaknya doping pada basis. Kolektor merupakan yang terbesar dari ketiga daerah tersebut, ia harus menghamburkan lebih banyak panas daripada *emiter* atau *basis*.

Gambar 2.3a. Transistor mempunyai dua junction, yang satu adalah antara emiter dan basis, dan yang lain antara basis dan kolektor. Karenanya, transistor seperti dua dioda. Disebut sebagai dioda sebelah kiri sebagai dioda basis emiter atau dioda emiter. Dioda sebelah kanan adalah dioda basis kolektor atau dioda kolektor.

## UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

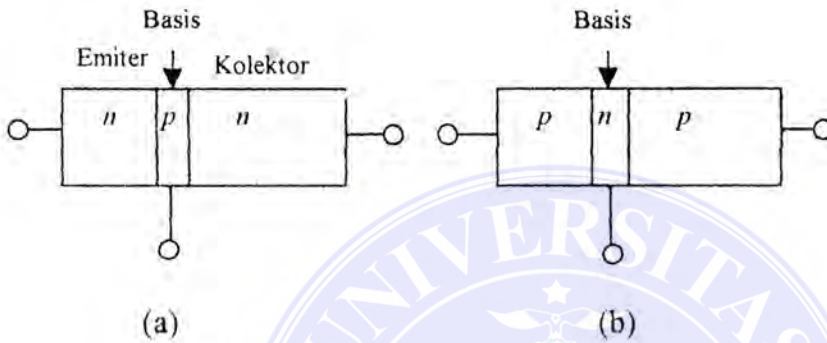
Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

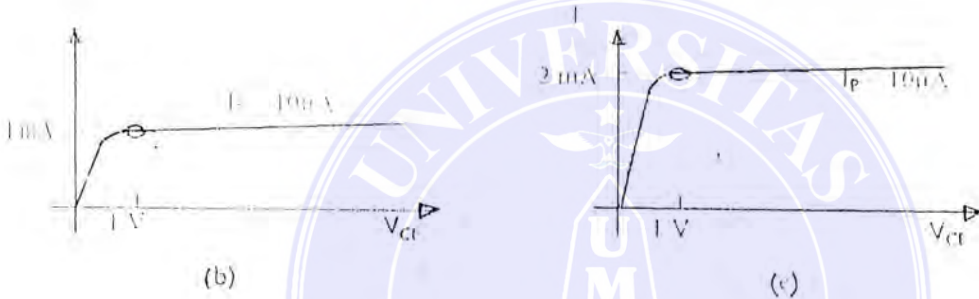
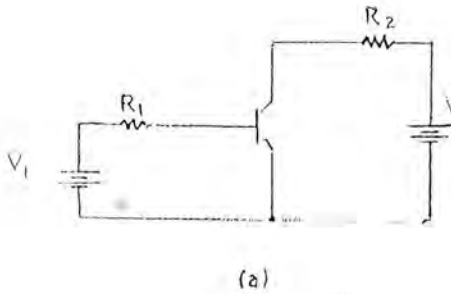
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

Gambar 2.3b menunjukkan kemungkinan yang lain, transistor pnp. Transistor pnp adalah komplemen dari transistor npn. Pada transistor pnp diperlukan arus dan tegangan yang berlawanan..



Gambar 2.3. (a) transistor npn (b) transistor pnp  
(Albert Paul Malvino, 1992)

Apabila transistor direncanakan akan dijadikan sebagai penguat, maka akan lebih baik pemakaiannya berada pada garis tengah beban seperti gambar 2.4. Pada saat tegangan  $V_{CE} = 0$ , maka dioda kolektor tidak terbias mundur karena itu arus kolektor sangat kecil. Tetapi ketika terjadi kenaikan antara 0 sampai dengan 1 volt, arus kolektor naik dengan cepat dan hampir konstan. Jika  $V_{CE}$  dinaikkan terus, maka dioda akan rusak dan kerja transistor yang normal akan hilang.



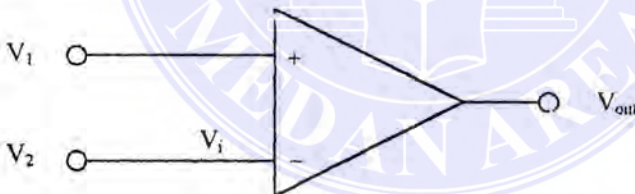
Gambar 2.4. Kurva dan tegangan kolektor transistor  
(Albert Paul Malvino, 1992)

Ada tiga buah konfigurasi penguat transistor dasar yang paling sering digunakan yaitu penguat transistor jenis *common emitter*, *common base* dan *common collector*. Setiap jenis penguat harus mempunyai dua buah tegangan bias (catu), pertama tegangan bias antara basis dan emiter ( $V_B$ ) dan yang kedua tegangan bias antara kolektor dan emiter ( $V_C$ ). Tegangan antara basis dan emiter ( $V_B$ ) digunakan untuk mengontrol besarnya arus kolektor  $I_C$ .

## 2.4 Penguat Operasi

Penguat operasi (Op-Amp) adalah penguat dalam bentuk IC (integrated circuit) yang mempunyai sifat-sifat penting yaitu faktor penguatan sangat tinggi, impedansi input sangat tinggi dan impedansi output sama dengan nol. Op-Amp mempunyai dua terminal masukan yaitu terminal pembalik (inverting input), dan satu terminal tak pembalik (non inverting input), dan satu terminal keluaran.

Penguatan ikal terbuka, tidak ada rangkaian umpan balik dari terminal keluaran terhadap terminal masukannya dapat mencapai  $10^5$  kali. Sehingga hanya dengan perbedaan tegangan yang kecil antara terminal terminal masukannya akan menyebabkan perubahan keluaran yang besar.

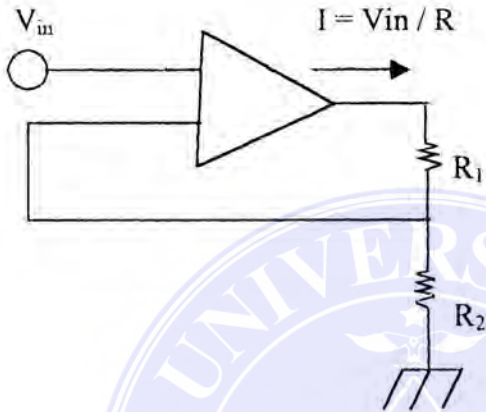


Gambar 2.5 Simbol Op-Amp

(Albert Paul Malvino, 1992)

Karena impedansi input pada penguat operasi sangat besar, sehingga rangkaian yang menggunakan penguat operasi ini tidak akan membebani rangkaian yang ada didepannya, karena arus yang diambil dijalan masuk penguat operasi sangat kecil. Juga impedansi outputnya yang sangat kecil mendekati nol sehingga dapat

mengeluarkan arus tanpa menurunkan tegangan dan sumber arus. Sebagai sumber arus konfigurasi rangkaian seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.6. Konfigurasi penguat operasi sebagai sumber arus.

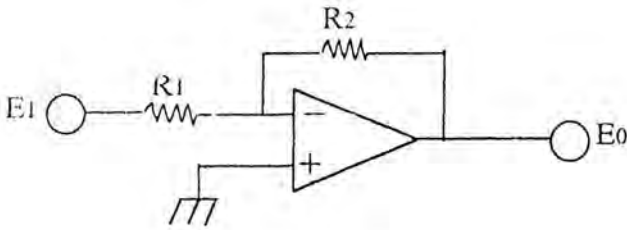
(Robert F.Coughlin, 1985)

2.4.1 Penguat pembalik (inverting amplifier)

Rangkaian penguat ini menempatkan sinyal masukan pada terminal pembalik, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan pada terminal keluarannya terbalik terhadap isyarat masukannya. Dan besar penguatan yang dihasilkan adalah :

$$A = R2/R1 \dots \dots \dots (2.1)$$





Gambar 2.6 Penguat pembalik

(Robert F.Coughlin, 1985)

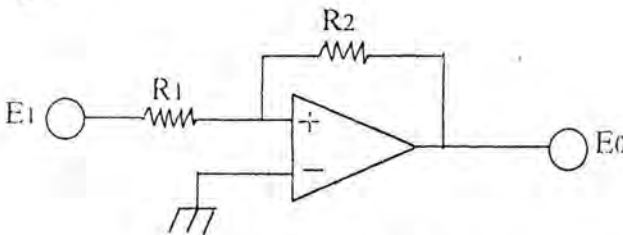
2.4.2 Penguat tak pembalik (*non inverting amplifier*)

Rangkaian penguat ini menempatkan isyarat masukan pada terminal tak membalikinya, sehingga hasil keluarannya akan sefase dengan isyarat masukannya.

Besarnya penguatan adalah :

$$A = (R1 + R2)/R1 \tag{2.2}$$

A = Faktor penguatan



Gambar 2.7 Penguat tak pembalik

(Robert F.Coughlin, 1985)

## 2.5 IC 555

### 2.5.1 IC 555 bekerja sebagai multivibrator tak stabil

IC 555 bekerja sebagai pembangkit pulsa bila operasinya dibuat sebagai multivibrator tak stabil (astable multivibrator). Pada operasi ini pulsa keluaran IC 555 berupa rentetan pulsa. Frekuensi dari rentetan pulsa ini dapat ditentukan dengan mengubah-ubah besarnya nilai komponen eksternalnya yaitu resistor dan kapasitor. Selain frekuensi pulsa, lebar pulsa keluaran IC 555 juga dapat diubah dengan mengatur komponen eksternalnya.

Keuntungan dari penggunaan IC 555 adalah bahwa IC ini dapat beroperasi dalam tegangan kerja antara 5 volt sampai 15 volt, kecermatan guncangan pulsa yang mantap, dapat beroperasi dalam jelajah suhu  $0^{\circ} - 70^{\circ}$  celcius dan arus keluarannya mencapai 200 mA sehingga dapat mengendalikan ( *men-drive* ) rangkaian-rangkaian *transistor-transistor logic* (TTL). Pada gambar 2.9, pena 2 (pena penyulut) dan pena 6 (pena ambang) saling dihubungkan. Hal ini memungkinkan kapasitor mengisi dan membuang muatan diantara taraf dengan tegangan ambang dan taraf tegangan sulut. Pada kondisi bekerja, kapasitor C mengisi muatan melalui  $R_A$  dan  $R_B$ . Pada saat tegangan kapasitor mencapai  $2/3 V_{cc}$  kondisi tegangan keluaran pada pena 3 berubah (transistor internal buang muatan aktif). Lalu muatan kapasitor C dibuang menuju 0 volt melalui  $R_B$ . Namun pada saat tegangan pada kapasitor tinggal  $1/3 V_{cc}$ , kondisi rangkaian berubah (transistor internal buang muatan mati) dan kapasitor C mengisi muatan lagi lewat  $R_A$  dan  $R_B$ .

UNIVERSITAS MEDAN AREA

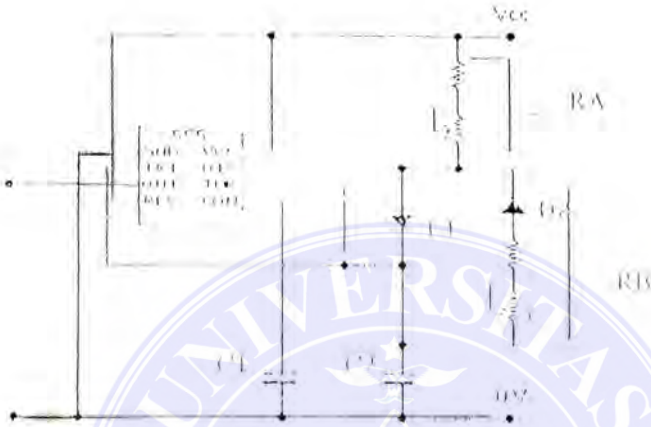
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23



Gambar 2.9. IC 555 sebagai multivibrator tak stabil

(George Loveday, 1992)

Dioda  $D_1$  dan  $D_2$  berfungsi untuk mendapatkan pengendalian siklus kerja IC 555 yaitu perbandingan spasi untuk gelombang keluaran.  $D_1$  menghantar pada saat kapasitor  $C$  mengisi muatan dan  $D_2$  menghantar pada saat kapasitor  $C$  membuang muatan. Waktu yang dibutuhkan untuk pengisian kapasitor  $C$  adalah :

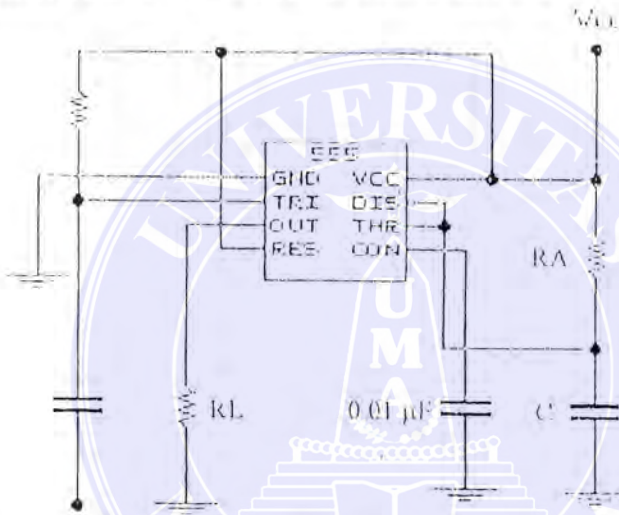
$$T = 0,7 R_A \cdot C \dots \dots \dots (2.4)$$

Dan waktu yang dibutuhkan untuk pengosongan kapasitor  $C$  adalah :

$$T = 0,7 R_B \cdot C \dots \dots \dots (2.5)$$

### 2.5.2 IC 555 bekerja sebagai multivibrator monostabil

IC 555 bekerja sebagai multivibrator monostabil akan memberikan keadaan perubahan kondisi dalam selang waktu yang ditetapkan. Lamanya selang waktu tersebut dapat ditentukan oleh komponen eksternalnya yang berupa resistor dan kapasitor. Cara kerja IC 555 dalam operasi monostabil adalah seperti uraian dibawah ini.



Gambar 2.10. IC 555 sebagai multivibrator monostabil

(George Loveday, 1992)

Tanpa ada pulsa penyulut yang diberikan, keluaran Q dari flip-flop berlogika tinggi hingga membuat transistor buang muatan aktif dan membuat keluaran IC 555 pada kaki 3 berlogika rendah. Tiga buah resistor internal membentuk rantai pembagi tegangan sebesar  $\frac{1}{3} V_{cc}$  pada terminal non inverting dari komparator 2. Sinyal penyulut disambungkan melalui resistor eksternal dengan Vcc sehingga keluaran 2 adalah rendah. Keluaran-keluaran dari kedua komparator ini mengendalikan keadaan flip-flop internal.

Bila ada pulsa penyulut yang diberikan, keluaran dari komperator 2 berlogika tinggi sesaat dan mengeset flip-flop sehingga keluaran Q akan rendah. Hal ini membuat transistor buang muatan menjadi mati, pada saat keluaran IC 555 pada kaki 3 tinggi. Lalu kapasitor eksternal C mengisi muatan melalui  $R_A$  dan tegangan yang membentangnya naik secara eksponensial. Bila tegangan ini mencapai  $2/3 V_{cc}$  keluaran komperator 1 akan tinggi dan mereset flip-flop internal. Transistor buang muatan menghantar dan dengan cepat membuang muatan kapasitor pewaktu serta pada saat yang sama keluaran IC 555 pada kaki 3 rendah kembali.

Dalam teori pengisian kapasitor berdasarkan fungsi waktu, berlaku rumus sebagai berikut :

$$V_C = E (1 - e^{-t/T}) \dots \dots \dots (2.6)$$

Maka waktu yang diperlukam kapasitor eksternal untuk mengisi muatan hingga  $2/3 V_{cc}$  adalah :

$$V_C = 2/3 V_{cc} = 2/3 E \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimasukkan ke dalam persamaan (2.6)

$$V_C = E (1 - e^{-t/T})$$

$$2/3 E = E (1 - e^{-t/T})$$

$$1/3 = e^{-t/T}$$

$$\ln 1/3 = -t/T$$

$$t = 1,0986 T \dots \dots \dots (2.8)$$

$$t = 1,1 T$$

T adalah  $R_A \cdot C$  sehingga :

$$t = 1,1 R_A C \quad (2.9)$$

Nilai  $R_A$  bisa mempunyai harga dari  $1\Omega$  sampai  $k\Omega$  sampai 1,3 kali besarnya tegangan  $V_{cc}$ . Jadi dengan tegangan catu  $V_{cc}$  adalah 12 volt maka nilai  $R_A$  minimum bisa sebesar  $1 k\Omega$  sampai maksimum  $15,6 M\Omega$  karena hal ini cenderung memberikan hasil terbaik.

Output IC 555 juga menyambung diantara hampir nol ( $0,4 V$ ) dan sekitar satu volt dibawah  $V_{cc}$  dengan waktu jangkit dan waktu jatuh sebesar 100 nano detik. Beban dapat disambungkan dari output ke catu negatif atau dari output ke  $V_{cc}$ . Dan arus beban yang dapat dilalui adalah 200 mA.

IC 555 juga dilengkapi dengan terminal reset yaitu pada pena 4. Terminal reset ini digunakan untuk memotong pewaktuan dan mereset output pena 3 dengan pemberian pulsa menuju negatif. Bila tidak digunakan, terminal reset ini disambungkan ke  $V_{cc}$ .

Kemudian pena 5 yang disebut terminal kontrol dapat dipakai untuk memodifikasi atau memodulasi tundaan waktu. Kalau ada tegangan yang diberikan pada pena ini, tegangan ini akan mengesampingkan taraf tegangan DC yang dibangun oleh resistor-resistor internal

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 TUNTUTAN PERANCANGAN

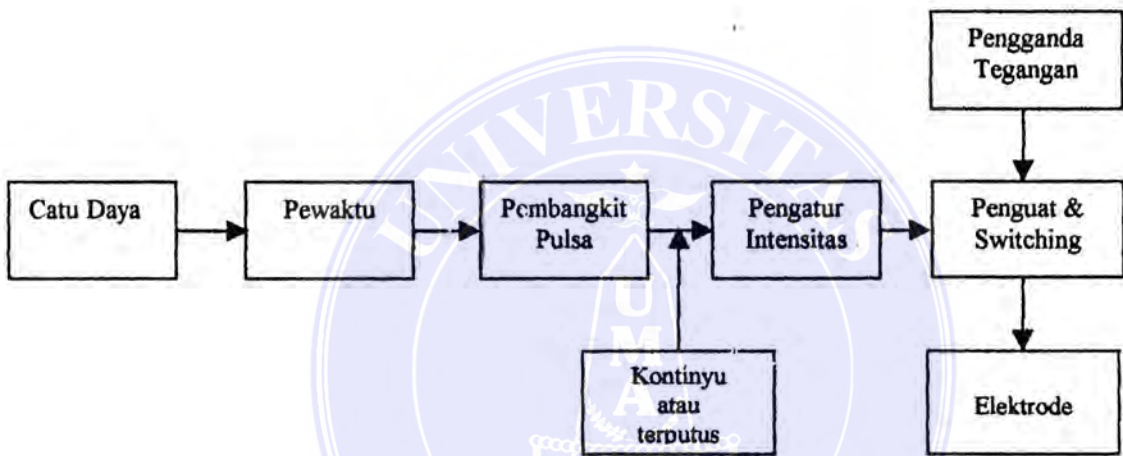
Elektrostimulator yang digunakan dalam bidang terapi kedokteran mempunyai beberapa parameter keluaran dalam sistem kerjanya, antara lain tegangan, arus, bentuk gelombang dan frekuensi. Parameter-parameter tersebut mempunyai nilai batas minimum dan maksimum agar proses terapi yang dilakukan menggunakan alat ini efektif kearah penyembuhan dan faktor keselamatan bagi pasien dan operator dapat dipenuhi. Dalam pengoperasiannya, alat ini didukung oleh satu daya yang menggunakan baterai atau jala-jala listrik.

Berdasarkan studi literatur dan analisis perbandingan serta kondisi teknis elektrostimulator yang saat ini banyak digunakan, ada beberapa yang menjadi tuntutan yang harus dipenuhi dalam perancangan elektrostimulator, yaitu :

1. Sumber catu daya baterai atau jala-jala listrik 220 volt.
2. Konsumsi arus 150 mA.
3. Besar tegangan yang diberikan kepada pasien 0 – 25 volt.
4. Bentuk pulsa segi empat ( rectangular).
5. Jumlah pulsa (frekuensi) 1 – 100 Hz.
6. Lamanya *treatment* 2 – 12 menit.

### 3.2 BLOK DIAGRAM PERANCANGAN

Blok diagram perancangan elektrostimulator dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Blok diagram elektrostimulator

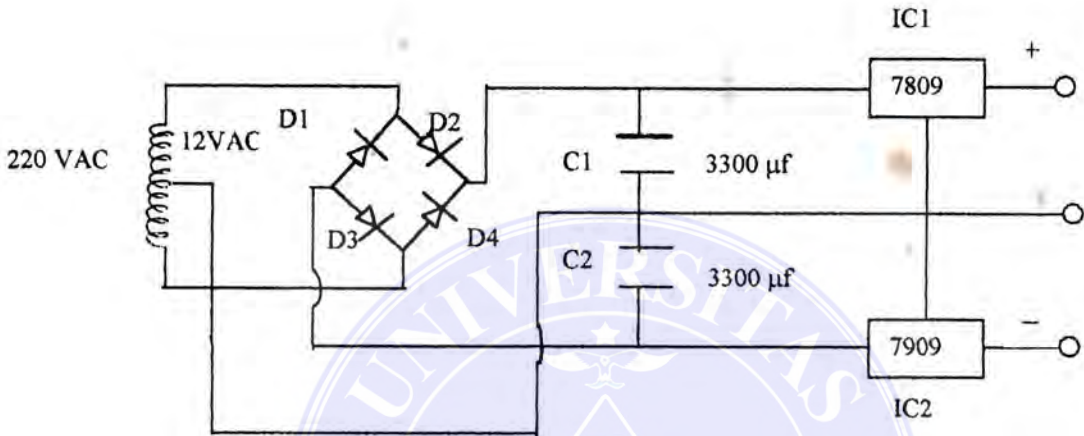
Prinsip kerja sistem elektrostimulator adalah sebagai berikut :

1. Tegangan dari jala-jala PLN 220 volt disearahkan oleh catu daya sehingga menghasilkan tegangan searah +9 volt dan -9 volt.
2. Kemudian pewaktu diatur untuk menentukan lamanya terapi yang akan diberikan. Apabila pewaktu bekerja, maka relay yang menghubungkan catu daya dengan pembangkit pulsa akan aktif sehingga rangkaian tersebut mendapat catu daya.



3. Rangkaian pembangkit pulsa bekerja menghasilkan pulsa yang dapat diatur frekuensi dan durasinya.
4. Rangkaian kontinyu atau terputus berfungsi mengatur dua mode pemberian arus. Pertama dengan mode kontinyu yaitu pulsa arus secara terus menerus diberikan kepada pasien.
5. Kedua, pemberian arus dilakukan secara terputus-putus diselingi oleh istirahat (tidak diberikan arus). Dalam satu periode lama pemberian arus 2 detik dan lama istirahat 1 detik.
6. Rangkaian pengatur intensitas dimaksudkan untuk mengatur tinggi rendahnya arus yang akan diberikan ke pasien.
7. Pengganda tegangan menggandakan tegangan dari trafo tegangan rendah menjadi tegangan searah yang besarnya beberapa kali tegangan puncak.
8. Rangkaian penguat dan *switching* meneruskan arus dari rangkaian pengganda tegangan sesuai irama pulsa dan besar arus yang ditentukan oleh pengatur intensitas.
9. Elektrode meneruskan pulsa arus yang dihasilkan kepada pasien.

### 3.3 CATU DAYA



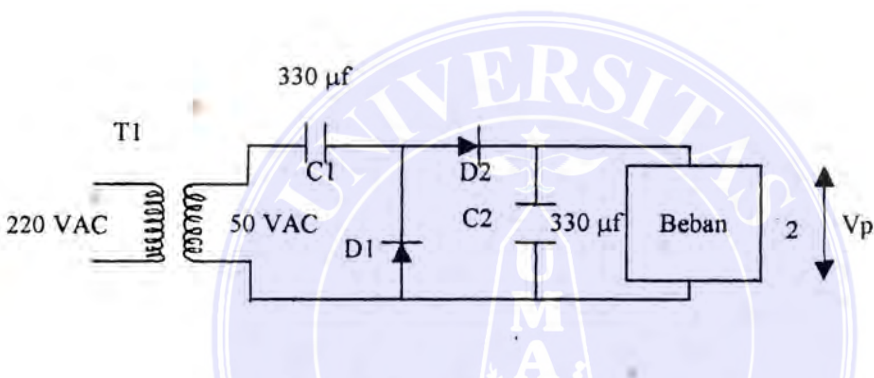
Gambar 3.2 Rangkaian catu daya + 9 volt dan - 9 Volt

Catu daya pada perancangan ini terdiri dari dua buah tegangan searah, yaitu +9 volt dan - 9 volt. Keduanya dihasilkan oleh IC regulator, yaitu 7809 untuk tegangan positif dan 7909 untuk tegangan negatif.

Tegangan dari jala-jala PLN diturunkan oleh trafo menjadi 12 volt AC, kemudian disearahkan oleh 4 diode yang membentuk formasi jembatan. Hasil penyearahan ini belum menghasilkan arus yang benar-benar searah rata, karena masih ada kerutnya, sehingga diperlukan kapasitor untuk menghilangkan kerut yang masih muncul.

Hak yang sama terjadi pada proses terjadinya tegangan  $-9$  volt DC oleh IC 7908 , sehingga pada keluaran catu daya juga dihasilkan tegangan  $-9$  volt DC dengan arus maksimum 1 ampere.

### 3.4. PENGGANDA TEGANGAN



Gambar 3.4. Pegganda tegangan

Catu daya dirancang untuk menghasilkan tegangan sekitar 100 volt DC. Tegangan ini yang akan dirancang kepada pasien sebagai tegangan stimulasi. Pemberian tegangan ini dipotong-potong oleh sistem *switching*, yang dikendalikan oleh pulsa yang dibangkitkan pada pembangkit pulsa.

Tegangan dari trafo tegangan rendah sebesar 50 volt AC pada puncak setengah siklus negatif,  $D_1$  terpanjar maju dan  $D_2$  terpanjar mundur. Peristiwa ini akan menyebabkan  $C_1$  terisi sampai tegangan puncak yaitu 50 volt DC. Pada puncak setengah siklus positif  $D_1$  terpanjar mundur dan  $D_2$  terpanjar maju. Karena sumber tegangan dan  $C_1$  terpasang seri, akan diisi hingga mencapai puncak. Setelah beberapa siklus, tegangan pada  $C_2$  akan sama mencapai dua kali tegangan puncak.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/12/23

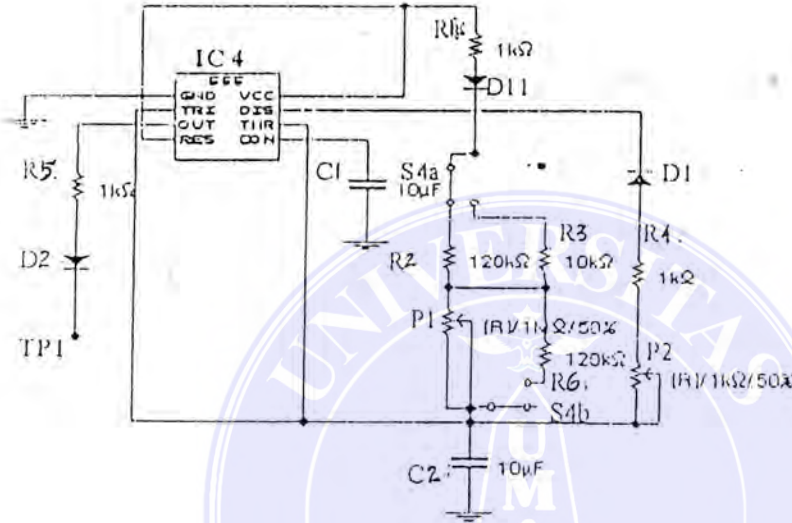
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)11/12/23

### 3.5. PEMBANGKIT PULSA



Gambar 3.5. Pembangkit pulsa

Pembangkit pulsa pada perancangan ini menggunakan IC 555 yang beroperasi sebagai multivibrator tak mantap. Pulsa yang dibangkitkan berupa rentetan pulsa yang frekuensi dan lebar (durasi) pulsa dapat diatur melalui potensiometer.

Rangkaian pembangkit pulsa ini mempunyai dua mode frekuensi yaitu mode pertama menghasilkan frekuensi maksimum 10 Hz dan mode kedua dengan frekuensi 100 Hz dengan perbedaan frekuensi pada masing-masing mode, maka frekuensi dan durasi pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian ini adalah :

Saklar  $S_1$  tertutup.

$$t_1 = 0,7 R_A C$$

$$t_{1\max} = 0,7 (1\text{k}\Omega + 120\text{k}\Omega + 120\text{k}\Omega/1\text{M}\Omega) 1\mu\text{F}$$

$$t_{1\max} = 160 \text{ milidetik}$$

$$t_{1\min} = 0,7 (1\text{k}\Omega + 120\text{k}\Omega) 1\mu\text{F}$$

$$t_{1\min} = 84 \text{ milidetik}$$

$$t_2 = 0,7 R_B C$$

$$t_{2\max} = 0,7 (100\Omega + 1\text{k}\Omega) 1\mu\text{F}$$

$$t_{2\max} = 0,77 \text{ milidetik}$$

$$t_{2\min} = 0,7 (100) 1\mu\text{F}$$

$$t_{2\min} = 0,07 \text{ milidetik}$$

Frekuensi maksimum pada saat saklar  $S_1$  tertutup adalah :

$$F_{\max} = 1/(t_{1\min} + t_{2\min})$$

$$F_{\max} = 1/(84 \text{ milidetik} + 0,07 \text{ milidetik}) = 11,9\text{Hz}$$

Saklar  $S_1$  terbuka

$$t_{1\max} = 0,7 (10\text{k}\Omega + 1\text{M}\Omega) 1\mu\text{F}$$

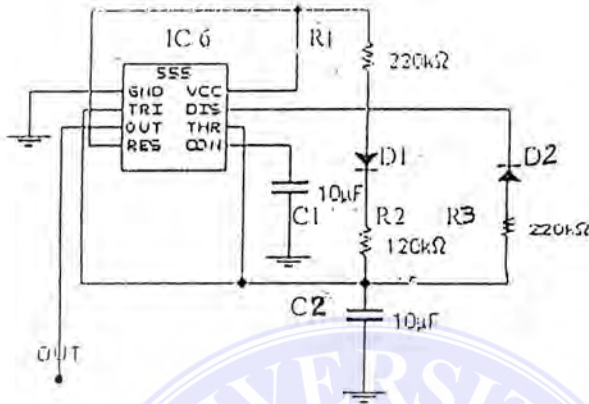
$$t_{1\max} = 700 \text{ milidetik}$$

$$t_{1\min} = 0,7 \cdot 10\text{k}\Omega \cdot 1\mu\text{F}$$

$$t_{1\min} = 7 \text{ milidetik}$$

Maka  $F_{\max}$  pada posisi saklar  $S_1$  terbuka adalah 1, 4144 Hz.

### 3.6. RANGKAIAN KONTINYU



Gambar 3.6. Rangkaian kontinyu

Rangkaian ini berfungsi memberikan dua mode pemberian arus kepada pasien yaitu pemberian arus secara terus menerus tanpa istirahat dan pemberian arus yang diselingi dengan istirahat.

Dalam perancangan ini, pemberian arus yang diselingi oleh istirahat dikerjakan oleh IC 555 sebagai multivibrator tak stabil. Direncanakan dalam satu periode, lama pemberian arus 2 detik dan diselingi istirahat selama satu detik. Untuk IC 555 yang beroperasi sebagai multivibrator, maka laama  $t_1$  dan  $t_2$  adalah sebagai berikut :

$$t_1 = 0,7 R_A C$$

$$t_1 = 0,7 (R_1 + R_2) C_2$$

$$t_1 = 0,7 ( 1k\Omega + 120 k\Omega ) 10\mu F$$

$$t_1 = 0,847 \text{ detik}$$

$$t_2 = 0,7 R_B C$$

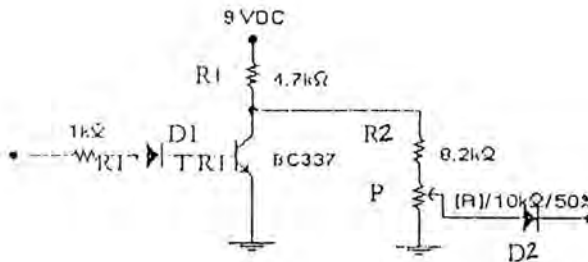
$$t_2 = 0,7 220 k\Omega \cdot 10\mu F$$

$$t_2 = 1,54 \text{ detik}$$

Berdasarkan hal ini  $t_1$  adalah lamanya waktu istirahat dan  $t_2$  adalah lamanya waktu pemberian arus.

### 3.7 PENGATUR INTENSITAS

Rangkaian pengatur intensitas berfungsi mengatur besarnya arus yang akan diberikan kepada pasien. Rangkaian ini terdiri dari sebuah transistor yang beroperasi sebagai saklar dan beberapa buah resistor yang berfungsi sebagai rangkaian pembagi tegangan.



Gambar 3.7. Rangkaian pengatur intensitas

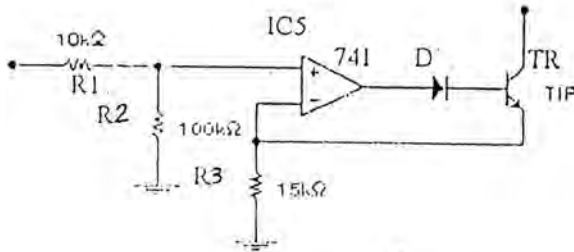
Pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian pembangkit pulsa mempunyai amplitudo  $9 V_{DC}$  dan arus keluaran dari IC 555 cukup besar untuk menjenuhkan arus basis pada transistor  $Q_7$  pada saat pulsa berada dipuncak sehingga transistor  $Q_7$  bersifat menghantar. Bila pada basis terjadi penjenuhan arus basis maka arus yang berasal dari  $+U_2$  akan langsung menuju ground melalui  $R_1$  dan transistor  $Q_7$ .

Namun bila pada basis tidak ada tegangan (pulsa berada dibawah) transistor  $Q_7$  akkaan mati sehingga arus dari  $-U_2$  akan mengalir melalui  $R_1, R_2$  dan potensiometer  $P_3$ .

### 3.7. PENGUAT DAN SWITCHING

Rangkaian ini berfungsi sebagai sumber arus dan mmengendalikan pemberian arus lewat switching transistor kepada elektroda. Rangkaian ini terdiri dari untaian pembagi tegangann ( $R 10 k\Omega$  dan  $R 100 k\Omega$ ), penguat operasi yang bekerja sebagai sumber arus (IC) dan transistor sebagai saklar (Q).





Gambar 3.8. Rangkaian penguat dan *switching*

Tegangan keluaran dari pengatur intensitas masuk ke pembagi tegangan yang selanjutnya akan diumpangkan ke penguat operasi IC sebagai tegangan masuk  $V_{in}$ .

Besar tegangan maksimum dari hasil pembagian tegangan ini adalah :

$$V_{in} = R \ 100k\Omega / ( R \ 10k\Omega + R \ 100k\Omega ) \times 3,93 \ V_{DC}$$

$$= 3,57 \ V_{DC}$$

Kemudian tegangan ini masuk ke *non inverting amplifier* yang beroperasi sebagai sumber arus, dan besar arus yang dihasilkan adalah berdasarkan persamaan (3.5).

$$I = V_{in} / R \dots\dots\dots(3.5)$$

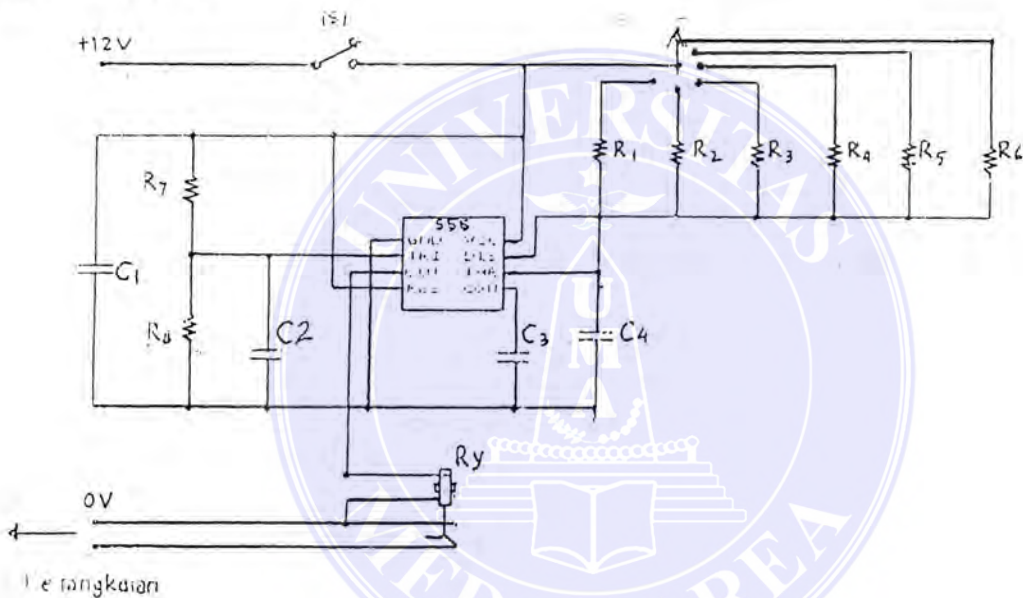
$$I = V_{in} / R_{56}$$

$$I = 3,57 \ V_{DC} / 47\Omega$$

$$I = 76 \ mA$$

Arus ini adalah arus maksimum yang akan diberikan pada basis transistor Q sehingga dengan mengatur besarnya arus ini akan dihasilkan pengaturan besarnya arus yang akan diberikan kepada pasien.

### 3.9. PEWAKTU



Gambar 3.9. Pewaktu terapi

Pada perancangan ini dibuat suatu rangkaian pewaktu menggunakan IC 555 dengan jangkauan dari 2 menit sampai 12 menit, karena waktu terapi pada elektrostimulator berkisar pada jangkauan tersebut.

Pada rangkaian pewaktu ini, rangkaian penyulut terdiri  $R_7, R_8$  dan  $R_9$ .  $R_T$  dan kapasitor berfungsi menentukan lamanya pewaktuan. Agar nilai  $R_T$  berada dalam kisaran  $50\text{ K}\Omega$  sampai  $5\text{ M}\Omega$  maka nilai kapasitor dipilih sebesar  $680\text{ }\mu\text{F}$ . Dengan menggunakan persamaan (2.6) didapat  $R_T$  terkecil adalah :

$$t = 1,1 RC$$

$$120 = 1,1 R \cdot 680 \cdot 10^{-6}$$

$$R_T = 160 \text{ k}\Omega$$

Dan  $R_T$  terbesar adalah :

$$t = 1,1 RC$$

$$720 = 1,1 R \cdot 680 \cdot 10^{-6}$$

$$R_T = 960 \text{ k}\Omega$$

Tabel 3.1. Nilai resistor pewaktu

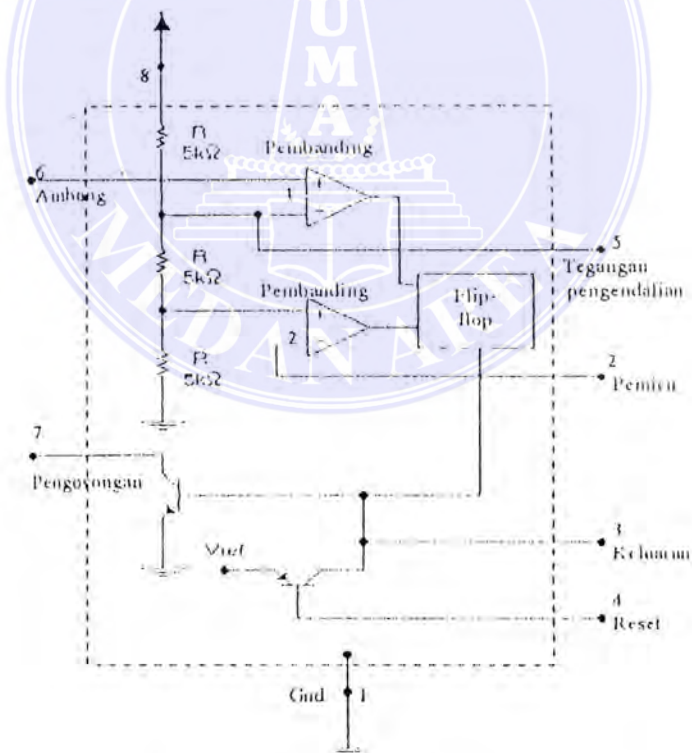
No	Waktu	Resistor $R_T$
1	2 menit	160 k $\Omega$
2	4 menit	320 k $\Omega$
3	6 menit	480 k $\Omega$
4	8 menit	640 k $\Omega$
5	10 menit	800 k $\Omega$
6	12 menit	960 k $\Omega$

Lalu terminal reset, pena 4 dihubungkan ke tegangan 9 volt. Demikian pula terminal kontrol, pena 5 dihubungkan ke catu negatif melalui kapasitor  $C_5$  sebesar  $0,01 \mu\text{F}$  untuk mencegah timbulnya desah. Kemudian kapasitor  $C_3$  berfungsi mencegah transien saluran catu daya., sampai reset IC 555 segera setelah menyulut.

Prinsip urutan kerja rangkaian pewaktu adalah sebagai berikut :

1. Tegangan catu daya DC masuk ke rangkaian pewaktu terapi.
2. Pada pena 2, karena terjadi pengisian kapasitor  $C_4$  melalui  $R_7$ , akan menjadi negatif sesaat. Hal yang sama terjadi pada terminal *inverting* komparator 2 internal.
3. Komparator 2 internal, karena terminal *inverting*-nya lebih negatif dari terminal *non inverting*-nya, pada terminal outputnya akan berlogika tinggi.

Hal ini berarti mengeset flip-flop internal, karena terminal set-nya diberi logika tinggi.



Gambar 3.10. Rangkaian dalam IC 555

4. Kemudian output dari flip-flop internal berlogika rendah. Pada saat ini output pada pena 3 berlogika tinggi. Hal ini mengaktifkan relay  $R_y$  yang akan menghubungkan catu daya dengan rangkaian pembangkit pulsa. Basis transistor buang muatan internal (jenis NPN) saat ini menjadi rendah, sehingga transistor ini tidak menghantar.
5. Dengan tidak menghantarnya *transistor buang muatan* internal, maka kapasitor  $C_6$  akan dimuati melalui  $R_T$ . Sehingga muncul tegangan yang membentangi  $C_6$  yang naik secara eksponensial.
6. Pada saat tegangan yang membentangi kapasitor  $C_6$  tepat sebesar  $2/3 V_{cc}$ , maka output komparator 1 internal berlogika tinggi yang kemudian mereset flip-flop internal, sehingga output flip-flop tersebut berlogika tinggi.
7. *Transistor buang muatan* internal menghantar dan segera membuang muatan kapasitor  $C_6$ . Dan output pada pena 3 kembali ke logika rendah. Hal ini mengakibatkan relay  $R_y$  berhenti bekerja dan proses pemberian terapi terhenti.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Perancangan elektrostimulator dengan menggunakan komponen yang tersedia dipasaran lokal dan relatif lebih murah ini telah dapat dibuat. Berdasarkan hasil pengujian dan pengukuran, maka kesimpulan dari hasil perancangan elektrostimulator ini adalah sebagai berikut:

1. Frekuensi pulsa yang dibangkitkan dari 1 – 125,6 Hz.
2. Durasi pulsa dari 66,2 – 900  $\mu$ s.
3. Prosentase kesalahan terbesar pewaktuan treatment pada rancangan ini adalah 4,16 %. Kesalahan ini tidak signifikan dalam penggunaan elektrostimulator.
4. Pulsa tegangan keluaran pada pasien maksimum 25 Volt.

#### 5.2 SARAN

Berikut ini saran bagi pengembangan lebih lanjut :

1. Rancangan yang dibuat dengan mudah dapat dilengkapi dengan rangkaian pembangkit pulsa segi tiga dan pulsa sinusoida.
2. Fabrikasi perlu diupayakan untuk menghasilkan bentuk unit yang praktis dan *portable*.

3. Perlu adanya penambahan atau penggantian rangkaian catu daya agar dapat dipergunakan hingga mencapai tegangan 300 VDC seperti halnya pada elektrostimulator impor.
4. Penyertaan pihak dunia usaha dalam pengembangan ini sangat penting bagi perkembangan bidang instrumentasi medik, khususnya pengembangan elektrostimulator.



## DAFTAR PUSTAKA

- ....., 1985, *Informasi Praktis Elektronika*, PT Gramedia Grup, Jakarta.
- ....., 1995, *TNS Clinic S, Instruction Manual V2.2 E-OM*, Diter Elektronika Oy, Finlandia
- Albert Paul Malvino, Ph. D, 1986, *Prinsip - prinsip Elektronik*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- George Loveday, 1992, *Intisari Elektronika : Penjelasan Alfabetik dari A sampai Z*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Hendra T. Laksman, 1996, *Kamus Kedokteran*, Djabatan, Jakarta.
- J.F. Gabriel, 1996, *Fisika Kedokteran*, Cetakan ke VII, Penerbit Buku Kedokteran ECG, Jakarta.
- Richard Aston, 1991, *Principles of Biomedical Instrumentation and Measurement*, Merrill.
- Robert F. Coughlin, 1985, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Roger M. Nelson, PhD, PT, 1991, *Clinical Electrotherapy*, Edisi Kedua, Appleton & Lange, Kentucky, USA.
- Sri Wardiman, SMPH, 1992, *Diktat Elektroterapi*, Akademi Fisioterapi Surakarta, Depkes RI, Jakarta.
- W. Foulsham, 1993, *Data dan Persamaan Transistor*, Elex Media Komputindo, Jakarta.