

**RANCANG BANGUN  
ALAT TERAPI STIMULATOR INTEGRASI DENGAN INFRA RED  
BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32  
Yadi Yunus, Budi Suhendro, Hasbri**

STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, yadiyunus@batan.go.id

**ABSTRAK**

**RANCANG BANGUN ALAT TERAPI STIMULATOR INTEGRASI DENGAN INFRA RED BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA 32.** Ragam penggunaan instrumen medis di rumah sakit semakin meningkat baik sebagai alat diagnostik maupun terapi. Diantaranya instrumen medis yang banyak digunakan di rumah sakit adalah alat terapi dengan Stimulator dan terapi dengan *Infra Red*. Stimulator adalah alat terapi untuk penyembuhan fungsi kerja otot dengan menggunakan gelombang arus listrik berbentuk *faradic* dengan frekuensi rendah, sedangkan terapi dengan *Infra Red* adalah untuk meningkatkan fungsi gerak motorik dan mengurangi rasa nyeri pada bagian anggota badan yang mengalami gangguan. Dalam penelitian ini dilakukan rancang bangun alat terapi Stimulator terintegrasi dengan *Infra Red* menjadi satu unit sistem dengan berbasis mikrokontroler ATmega32. Dengan integrasi ini maka alat terapi ini akan menjadi lebih efisien serta *therapist* lebih dipermudah dalam menangani pasien. *Output* alat terapi Stimulator direncanakan berupa gelombang arus listrik *faradic* dengan 3 pilihan frekuensi yaitu 10Hz, 30Hz dan 70 Hz sedangkan output terapi *Infra Red* adalah sinar infra merah yang masing-masing bisa diatur waktu proses terapinya 1 hingga 60 menit. Dalam rancang bangun ini menggunakan komponen IC 555 sebagai pembangkit frekuensi gelombang listrik *faradic*, lampu *Infra Red* sebagai sumber *Infra Red* dan mikrokontroler ATmega32 sebagai dasar kontrol seluruh sistem alat yang direncanakan. Hasil pengujian menunjukkan baik Stimulator maupun *Infra Red* dapat diatur waktunya 1-60 menit. Frekuensi Terapi Stimulator dapat dipilih 10,42 – 30,12 dan 70,32 Hz, masing-masing parameter tersebut dengan tampilan secara digital.

Kata kunci: terapi, *stimulator*, *infra-red*, mikrokontroler ATmega 32

**ABSTRACT**

**DESIGN OF STIMULATOR INTEGRATED WITH INFRA RED BE THERAPY DEVICE UNIT SYSTEM USING ATMEGA32 AS BASSIC CROCONTROLLER.** *The using various medical instrument in hospital increases either as diagnostic device and therapy. The one of medical instrument used in many hospital is a stimulators therapy device and infrared therapy. Stimulators therapy work for healing function muscle that undergo damage or interference with using the waves electric current faradic by low frequency 1-100 Hz while infrared therapy useful to improve the function of motoric motion and reduce pain in parts of limbs disruption. In this research has been designed the stimulators integrated with infra-red as therapy device based microcontroller ATmega32 in one unit system. By integration of stimulators with infrared therapy in one unit system, the medical instrument would be more efficient and the therapist more easy in dealing with patients. Output stimulators therapy designed of wave electric current faradic with a frequency varied 10Hz, 30Hz, and 70Hz that each could be set the time of the process of its therapy 1 to 60 minutes. Output infrared therapy is infra-red that can be set the time process for therapy. The component this instrument is ICNE555 as generators of electricity wave frequency faradic, infrared lights as a source of infrared and microcontroller ATmega32 as control for the whole system of the stimulator and infrared therapy. The results of tests stimulator and infrared therapy can be selected the time 1-60 minutes. The frequency of stimulator therapy also can be selected 10,42Hz, 30,12Hz and 70,32Hz, and each of parameters is digitally displayed.*

*Key words: therapy, stimulator, infra red, ATmega 32 microcontroller*

## PENDAHULUAN

Ragam alat medis yang digunakan di rumah sakit semakin meningkat, baik sebagai alat diagnostik maupun terapi. Salah satu alat medis yang banyak digunakan di rumah sakit maupun klinik-klinik yang ada di Indonesia adalah alat terapi dengan menggunakan arus listrik seperti Stimulator dan *Infra Red Lamp*.

Alat stimulator mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan terapi otot dengan menggunakan gelombang ultrasonik dan bahan kimia, yakni alat stimulator tidak menimbulkan efek samping, baik berupa efek radiasi maupun efek kimia terhadap tubuh.

Pada kasus-kasus khusus penggunaan stimulator saja tidak cukup membantu dalam proses terapi. Kadang diperlukan terapi penyinaran menggunakan *Infra Red* pada pasien. Dengan integrasi antara Stimulator dan *Infra Red*, membuat *therapist* menjadi relatif lebih mudah dalam menagani pasien dan dari segi waktu menjadi lebih efektif karena dengan penggunaan waktu untuk terapi dalam satu sistem.<sup>[1]</sup>

Berdasarkan hal tersebut, dan dalam rangka menuju kemandirian teknologi alat medis maka dilakukan penelitian rancang bangun alat terapi stimulator yang diintegrasikan dengan *Infra Red* terapi dalam satu unit sistem.

## DASAR TEORI

### Listrik dalam Tubuh

Resistansi tubuh manusia hampir berada di seluruh permukaan kulit tubuh baik luar maupun dalam. Menurut penelitian di *Science Centre Singapore* (2009), "Berjalannya arus listrik melalui tubuh manusia biasanya ditentukan oleh resistansi kulit, yang berkisar sekitar 1000 untuk kulit basah dan sekitar 500.000 untuk kulit kering. Hambatan internal dari tubuh kecil, yaitu antara 100-500 ". Beberapa hal yang mempengaruhi besar kecilnya resistansi tubuh antara lain jenis kelamin, basah tidaknya permukaan kulit dan tebal tipisnya kulit<sup>[3]</sup>

Saat tubuh manusia dialiri arus dengan nilai arus yang bebrbeda maka, berbeda pula akibat yang dirasakan. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa dengan nilai arus sampai dengan 1,6 mA masih merupakan batasan yang aman sehingga

sampai dengan nilai tersebut yang dianjurkan untuk listrik yang mengalir dalam tubuh manusia untuk terapi. Pengaruh besar arus pada tubuh manusia selengkapnya disajikan dalam Tabel 1 .

Tabel 1. Pengaruh besar arus pada tubuh manusia<sup>[3]</sup>

Besar Arus	Pengaruhnya Pada Tubuh Manusia
0 – 0,9	Belum merasakan pengaruh
0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik tapi tidak menimbulkan kejang
1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan akan ada yang merayap didalam tangan
1,6 – 6,0 mA	Tangan sampai kesiku merasa kesemutan
6,0 – 8,0 mA	Tangan mulai kaku, rasa kesemutan makin bertambah
13 – 15,0 mA	Rasa sakit tak tertahankan pengantar masih dapat dilepas
15 – 20,0 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan pengantar
20 – 50,0 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
50 – 100,0 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

### Alat Terapi Stimulator

*Stimulator* berasal dari kata *stimulant* yang berarti rangsangan dan *tor* yang berarti alat. *Stimulator* merupakan peralatan medis yang menggunakan energi gelombang listrik faradik frekuensi rendah yang dapat dimanfaatkan untuk terapi (penyembuhan). Reaksi yang dihasilkan gelombang tegangan dan frekuensi rendah kini telah diterapkan pada terapi untuk penanganan berbagai macam penyakit yang mempengaruhi sendi, otot dan saraf-saraf. Pemberian frekuensi rendah berkisar antara 0,8-10 Hz selama  $\pm$  15 menit dapat digunakan untuk *men-charge* titik terapi, sedangkan penggunaan frekuensi 1-100 Hz dapat digunakan untuk menstimulasi otot-otot dengan persyarafan normal<sup>[7]</sup>. Untuk pemakaian dalam jangka waktu singkat dan bersifat merangsang otot maka dipakai arus faradik. Manfaat efek terapeutic dari arus faradik yakni memberikan fasilitas kontraksi otot, mendidik kerja otot, mendidik kerja otot baru.<sup>[2]</sup>

**Terapi dengan lampu *Infra Red***  
Arus listrik yang melalui filamen lampu

*Infra Red* menghasilkan sinar 95 % *Infra Red*, 4,8 % cahaya *spectrum* tampak dan radiasi ultra violet 0,1%<sup>[5]</sup>.

Dalam bidang medis sinar *Infra Red* digunakan untuk terapi terhadap suatu penyakit, terapi ini bersifat fisioterapi maksudnya adalah pengobatan yang dilakukan secara fisik dengan menggunakan pancaran radiasi sinar infra merah yang dihasilkannya<sup>[4]</sup>. Penyinaran dengan *infra red* dalam jeda waktu dan jarak tertentu dapat mengurangi rasa sakit pada jaringan syaraf yang terganggu, relaksasi pada otot dan lainnya<sup>[1]</sup>.

### Tahap-tahap Terapi

Dalam kasus-kasus tertentu penggunaan kombinasi metode terapi *Infra red* dan stimulator sudah sering digunakan karena dipercaya dapat mempercepat proses penyembuhan dan hasilpun maksimal. Menurut Parjoto (2006) tahapan pelaksanaan terapi sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan terapi dengan stimulator disarankan lakukan dahulu relaksasi otot dengan *Infra Red* selama 15-30 menit agar aliran darah menjadi lancar dan otot tidak kaget apabila langsung dilakukan proses terapi dengan stimulator.

Tabel 2 adalah panduan pengaturan waktu dan frekuensi *Infra Red* untuk terapi.

Tabel 2. Panduan Pengaturan Waktu Dan Frekuensi *Infra Red*<sup>[5]</sup>

Waktu (menit)	Fungsi
30	Sebagai pengurang rasa sakit pada persyarafan
15-30	Sebagai relaksasi otot
20-40	Meningkatkan mutu persendian darah dalam tubuh
15-45	Meningkatkan metabolisme

2. Setelah otot terasa rileks lanjutkan dengan penggunaan stimulator dengan pemilihan frekuensi dan waktu sesuai dengan petunjuk pemakaian.
3. Apabila pasien tidak merasakan perubahan, maka naikan intensitas arus secara bertahap sampai pasien merasakan sakit, lalu diturunkan sampai pasien merasa nyaman dalam proses terapi. Intensitas ini bersifat objektif karena setiap manusia memiliki resistansi kulit yang berbeda-beda.

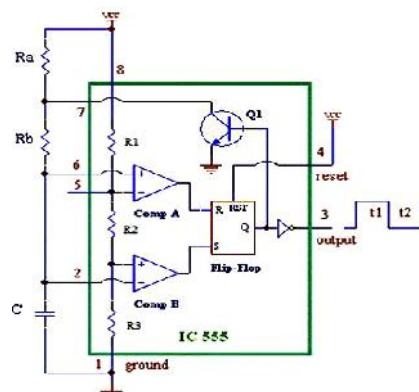
Untuk panduan pengaturan waktu dan frekuensi Stimulator dapat dilihat pada Tabel.3.

Tabel 3. Beberapa Panduan Pengaturan Waktu Dan Frekuensi Stimulator<sup>[6]</sup>

Frek. (Hz)	Waktu (menit)	Set. Frek. (Hz)	Fungsi
2-10	10	10	Warming Up
4-33	10	30	Tonus
30-75	6	70	Force upper limp

### Generator frekuensi dengan IC 555

Gambar 1 di bawah, IC 555 dirangkai sebagai *astable multivibrator*. Input trigger dan *threshold* pin 2 dan 6 masuk ke komparator B dan A dan dihubungkan ke eksternal kapasitor C yang terisi muatan menuju tegangan suplai melalui Ra dan Rb. *Discharge* pin 7 melalui transistor internal. Ketika power masuk kapasitor mengisi pin 2 dan 6 komparator mendekati nol, lihat Gambar 2. Saat ini keluaran kaki 3 menjadi tinggi karena komparator B. menyalakan flip-flop dan

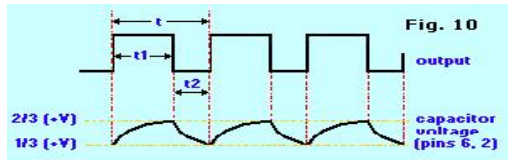


Gambar 1. IC 555 sebagai Astabil<sup>[9]</sup>

transistor Q1 OFF. Saat kapasitor mengisi melalui Ra dan Rb tegangannya naik, ketika diatas  $\frac{2}{3} V_{cc}$  maka komparator A tinggi dan mentrigger flip-flop menjadi reset hingga output pin 3 low dan transistor Q1 ON. Dengan demikian Rb yang telah terhubung kekapasitor maka sama juga terhubung ke ground melalui Q1 tersebut. Akibatnya kapasitor mengosongkan muatannya hingga tinggal  $\frac{1}{3} V_{cc}$ , maka keluaran komparator B tinggi menyebabkan Q1 OFF dan sebagai saklar terbuka karena tidak mendapatkan trigger dan kapasitor akan kembali melakukan pengisian melalui Ra dan Rb,

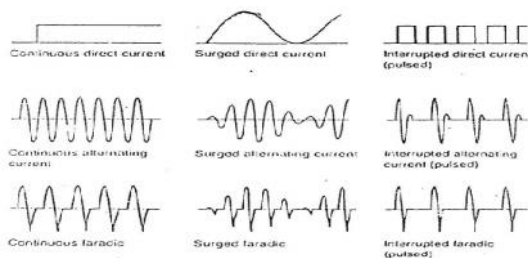
keluaran kaki 3 akan kembali tinggi, demikian seterusnya dan peristiwa berulang ini membentuk gelombang tegangan listrik dengan amplitudo dan frekuensi tertentu mengikuti persamaan (1)<sup>[9]</sup>.

$$F = 0,693 / (Ra + 2Rb)C \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 2. Bentuk gelombang pin 3

Bentuk gelombang yang dihasilkan alat terapi stimulator adalah *faradic* dengan mode *interrupted* dan ada juga beberapa arus sinusoida modifikasi dari arus searah yang digunakan oleh beberapa stimulator. Gelombang *faradic* adalah gelombang tegangan listrik bolak-balik yang tidak simetris yang mempunyai durasi 0.01 – 1 ms dengan frekwensi 50 – 100 Hz. Contoh gelombang seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Kegunaan gelombang *faradic* antara lain untuk menstimulasi otot sehingga menimbulkan kontraksi pada otot yang di aliri arus listrik<sup>[8]</sup>.



Gambar 3. Bentuk dan Mode Pulsa<sup>[8]</sup>

**Mikrokontroler ATmega32**

Mikrokontroler yang berarti pengendali

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL 2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL 1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP1) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 3. Konfigurasi Pin ATmega32<sup>[7]</sup>

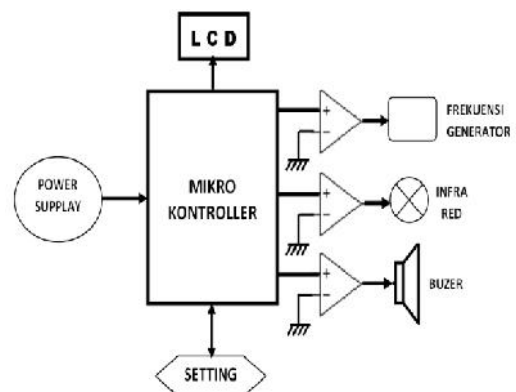
berukuran mikro memiliki banyak IC di dalamnya seperti timer/counter ataupun ADC. Mikrokontroler ATmega32 adalah mikrokontroler 8-bit keluaran Atmel keluarga AVR. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 32 ditampilkan pada Gambar 3. Mikrokontroler ini dirancang berdasarkan arsitektur AVR RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) yang dapat mengeksekusi satu instruksi dalam satu siklus *clock* sehingga dapat mencapai eksekusi instruksi sebesar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) setiap 1 MHZ frekuensi *clock* yang digunakan mikrokontroler tersebut. Frekuensi *clock* yang digunakan dapat diatur melalui *fuse bits* dan kristal yang digunakan. Jika kristal yang digunakan sebesar 16 MHZ sehingga frekuensi *clock*-nya sebesar 16 MHZ maka eksekusi instruksinya mencapai 16 MIPS<sup>[7]</sup>.

**METODE PENELITIAN**

**Rancangan Blok Diagram Rangkaian**

Rancang bangun yang dilakukan adalah untuk mewujudkan alat terapi stimulator yang terintegrasi dengan alat terapi *infra red*. Output alat terapi stimulator terdapat pada elektrodanya berupa gelombang energi listrik dengan arus masih ambang batas aman dan frekuensi dapat dipilih yakni 10; 30 dan 70 Hz, sedangkan output alat terapi *infra red* berupa sinar infra merah dari lampu *infra red*. Waktu untuk terapi baik pada masing-masing frekuensi untuk stimulator maupun terapi *infra red* dapat diatur mulai 1 hingga 60 menit. Dengan terintegrasinya alat terapi ini maka dapat dilakukan pemilihan mode untuk stimulator atau *infra red*. Alat terapi ini juga dilengkapi dengan buzzer sebagai indikator bahwa terapi selesai dan tampilan semua parameternya secara digital.

Berdasarkan keinginan tersebut maka dibuat



Gambar 4. Rancangan Blok Diagram Alat

gambar blok diagram rancangan kurang lebih seperti Gambar 4.

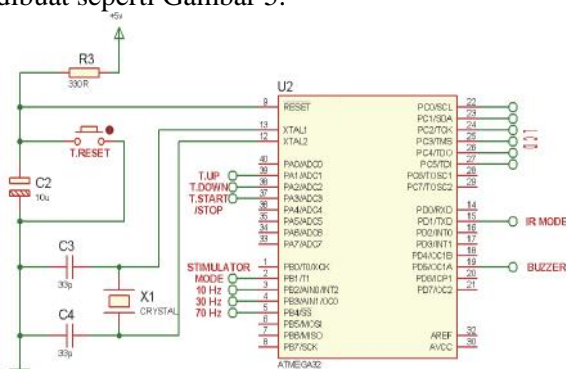
**Bahan dan Alat**

Mengacu pada rancangan blok diagram Gambar 4 maka bahan-bahan yang diperlukan berupa beberapa rangkaian elektronik, diantaranya adalah rangkaian minimal mikrokontroller, rangkaian generator frekuensi dan drivernya, rangkaian driver untuk *Infra Red* dan Buzer, serta rangkaian untuk setting.

Alat-alat yang digunakan meliputi multimeter, oscilloscope, stopwatch untuk pengambilan data serta peralatan mekanik dan elektronik seperti bor, gergaji, solder dan lainnya.

**Pembuatan Rangkaian Minimal Mikrokontroller**

Langkah awal untuk pembuatan alat terapi ini adalah membuat rangkaian minimal mikrokontroller menggunakan mikrokontroller ATmega32 sebagai komponen utama pengendali seluruh sistem dibuat seperti Gambar 5.



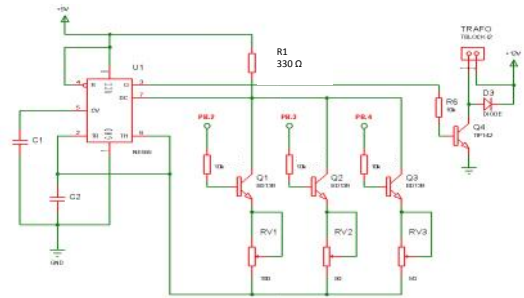
Gambar 5. Minimal Mikrokontroller

Jalur input output yang digunakan adalah :

1. Port C (PC.0-PC.7) untuk outputan display, menggunakan LCD(16x2).
2. Port B (PB.2-PB.4) outputan untuk memberikan trigger basis transistor BD 139 untuk pemilihan frekuensi.
3. Port D (PD.1) outputan, untuk trigger basis transistor BD 139 sebagai penggerak Moc 3020 untuk lampu *Infra Red*.
4. Port B (PB.1) outputan untuk trigger Transistor BD 139 sebagai penggerak relay untuk pemilihan mode terapi.
5. Port D (PD.5) outputan untuk trigger transistor D400 untuk mengaktifkan *buzzer*.
6. Port A (PA.1-PA.3) untuk inputan tombol push button Up, Down, Start/Stop.

**Pembuatan Pembangkit Frekuensi**

Rangkaian ini menggunakan IC 555 dirangkai menjadi multivibrator astabil, dengan ditambahkan beberapa resistor yang sesuai untuk memilih frekuensi yang diinginkan. Rangkaian seperti disajikan Gambar 6. Output dari IC 555 masih berbentuk sinyal kotak untuk mendrive transistor TIP 142, hingga osilator terhubung dengan primer transformator *step up*.

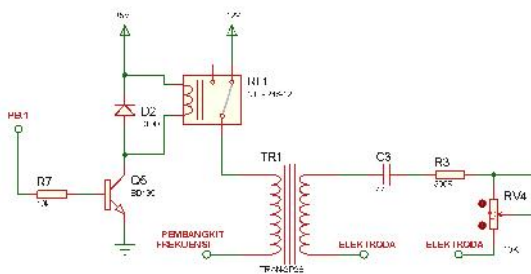


Gambar 6. Rangkaian Pembangkit Frekuensi

Dari rangkaian Gambar 6 nilai R1 330 yang diletakkan pada pin 4 IC 555 dihubungkan seri dengan Rv pin 7 dan kapasitor 47μF pin 2. Frekuensi output pin 3 dapat dipilih dengan cara merubah nilai tahanan variabel Rv, dan Rv dapat dipilih melalui mikrokontroller antara Rv1, Rv2 atau Rv3. Berdasarkan persamaan (1) dan rangkaian Gambar 6 maka untuk frekuensi F 10 Hz maka Rv1 diseting ± 72 k , untuk F 30 Hz, Rv2 diseting ± 24 k dan untuk F 70 Hz, Rv3 diseting ± 10k .

**Pembuatan Rangkaian Pengatur Arus**

Rangkaian dibuat seperti Gambar 7, dengan rangkaian ini arus yang mengalir pada tubuh pasien terkontrol. Primer trafo dihubungkan dengan tegangan bolak-balik dari pembangkit frekuensi.



Gambar 7. Rangkaian Pengatur Arus

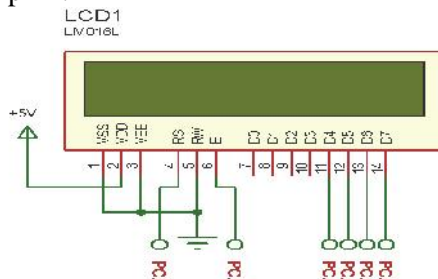
Keluaran arus sekunder diperlambat dengan kapasitor sekaligus sebagai coupling yang



kemudian direduksi dengan resistor 200 k masuk ke resistor variable 100K untuk pengontrolan besar kecilnya arus yang akan direspon oleh tubuh

### Pembuatan Rangkaian Display

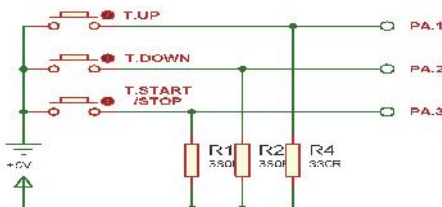
Pembuatan rangkaian display terdiri dari satu buah LCD 16x2, disusun seperti Gambar 8. LCD dikontrol oleh rangkaian mikrokontroller Atmega32 dari Port C (PC.0 – PC.5). Huruf dan angka yang ditampilkan LCD ini berupa tampilan pemilihan mode terapi dan waktu serta frekuensi yang akan dipilih.



Gambar 8. Rangkaian Display LCD 16x2

### Pembuatan Rangkaian Setting

Rangkaian setting dibuat seperti Gambar 9. Rangkaian ini menggunakan 3 buah tombol yakni up, down, dan start/stop,



Gambar 9. Rangkaian Setting

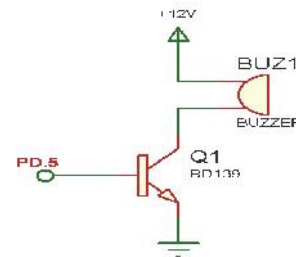
masing-masing untuk :

1. Tombol Up untuk menaikkan frekuensi.
2. Down untuk menurunkan frekuensi.
3. Start/Stop untuk menjalankan dan menghentikan kerja alat.

Prinsipnya jika salah satu tombol tersebut ditekan, maka akan memberikan logika *low* pada mikrokontroller untuk diproses sesuai dengan program yang telah dibuat. Tombol-tombol tersebut sebagai masukan pada Port A(PA.1-PA.3) bagi mikrokontroller ATMega32.

### Pembuatan Rangkaian Buzzer

Rangkaian *buzzer* cukup sederhana seperti ditunjukkan Gambar 10.

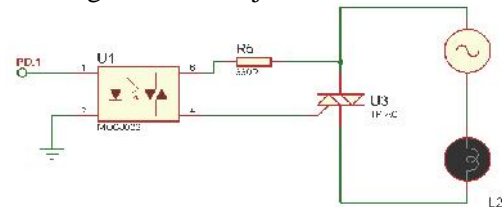


Gambar 10. Rangkaian Buzzer

Dari rangkaian ini buzzer berbunyi sebagai indikator bahwa waktu untuk terapi telah selesai. Logika *high* diberikan pada basis transistor Q1 untuk mengaktifkan *buzzer*.

### Pembuatan Driver Lampu Infra Red

Rangkaian driver ini juga cukup sederhana sebagaimana ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Driver Lampu Infra Red

Rangkaian ini menggunakan IC Optocoupler dan TRIAC sebagai komponen utamanya. Optocoupler sebagai pemicu TRIAC untuk menyalakan lampu infra red, sedangkan dia sendiri menerima triger logika *high* dari mikrokontroller pin PD 1.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancang bangun berupa alat terapi Stimulator terintegrasi dengan terapi *Infra Red* secara visual ditampilkan seperti Gambar 12.



Gambar 12. Visual Alat terapi stimulator terintegrasi dengan terapi infra red hasil rancang bangun.

Keterangan gambar :

1. Rangkaian Power Suplay
2. Rangkaian Minimum Sistem ATmega32
3. Rangkaian Pembangkit Frekuensi
4. Trafo StepUp 350mA
5. Rangkaian Regulator Arus
6. Keluaran Elektroda
7. Rangkaian Driver *Infra Red*
8. Rangkaian Setting
9. LCD 2 x 16
10. Buzzer

Untuk alat terapi *Infra Red* menggunakan lampu *infra red* seperti Gambar 13.



Gambar 13. Lampu Infra Red

Ketika dilakukan pengukuran dengan menggunakan *Oscilloscope* terhadap alat terapi hasil rancang bangun diperoleh data seperti disajikan pada Tabel 4, yang diambil dari

Tabel 4 Data pengukuran pada TP1

POSISI	BENTUK PULSA	KET
10 Hz		V/div= 500mV T/div= 25 ms F= 10,11 Hz
30 Hz		V/div = 200 mV T/div = 10 ms F = 30,11 Hz
70 Hz		V/div= 500mV T/div= 25 ms F= 70,42 Hz

titik pengukuran pada pin 3 IC555, dan data Tabel 5 diambil dari titik pengukuran pada elektroda yang akan dikenakan pada anggota badan pasien yang mengalami sakit.

Tabel 5. Data pengukuran pada TP2

POSISI	BENTUK PULSA	KET
10 Hz		V/div= 2V T/div= 25 ms F= 10,42 Hz
30 Hz		V/div= 2 V T/div= 10 ms F= 30,12 Hz
70 Hz		V/div= 2 V T/div= 225 ms F= 70,32 Hz

Data frekuensi di titik pin 3 IC555 dan pada elektrode terjadi perbedaan nilai namun tidak begitu signifikan. Masing-masing perbedaan dihitung baik beda langsung maupun secara prosentase, hasilnya disajikan pada Tabel 6. Prosentase perbedaan yang disebut juga % kesalahan dihitung dengan cara seperti berikut,

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\text{selisih}}{\text{hasil teori}} \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{0,42}{10} \times 100\% = 4,2\%$$

Tabel 6. Perbedan frekuensi dan % Kesalahan

Frek. rencana (Hz)	TP1 (Hz)	TP2 (Hz)	beda 1 (Hz)	beda 2 (Hz)	keslh (%)	keslhn (%)
10	10,11	10,42	0,11	0,42	1,1	4,2
30	30,11	30,12	0,11	0,12	0,40	0,40
70	70,42	70,32	0,42	0,32	0,31	0,31

Dari data Tabel 6, rata-rata prosentase kesalahan =  $((4,2+0,12+0,32)\%)/3$   
= 1,6%

Dengan prosentase kesalahan tersebut maka prosentase ketepatan/akurasi frekuensi alat terapi hasil rancang bangun adalah,  
% akurasi =  $100 - \text{rerata kesalahan}$   
=  $100 - 1,61\%$   
= 98,39%

Dari data Tabel 3 terlihat bentuk gelombang output IC555 masih berbentuk kotak dan amplitudo tegangannya rata-rata  $\pm 1,8 \times 500 \text{ mV} = 1,4 \text{ VAC}$ . Dari data Tabel 4 bentuk gelombang output yang akan dikenakan terhadap pasien dari 3 level frekuensi yang paling mendekati *faradic* adalah pada frekuensi 10 Hz dengan amplitudo tegangan peak to peak  $\pm 6 \times 2 \text{ V} = 12 \text{ VAC}$ .

Pengujian unjuk kerja timer dilakukan dengan menguji waktu kerja alat diukur dengan stopwatch. Hasil perhitungan pengujian waktu kerja alat disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Waktu pada Alat

Tes	Set	Stopwatch	Error (&)	Keakurasian (%)
1	60 Menit	59 menit 56 detik	0,1	99,9
2	10 Menit	9 menit 54 detik	1,0	99,0
3	5 Menit	4 menit 53 detik	2,3	97,7
4	1 Menit	59,16 detik	1,4	98,6

#### KESIMPULAN

1. Alat terapi Stimulator terintegrasi dengan *Infra Red* berbasis mikrokontroler ATmega32 berhasil dirancang bangun.
2. Frekuensi stimulator dapat dipilih 10Hz, 30Hz, 70Hz dengan prosentase keakurasian frekuensi 98,28%.
3. Bentuk gelombang yang optimum *faradic* adalah pada frekuensi 10 Hz dengan tegangan keluaran pada elektroda tidak lebih dari 12 VAC.
4. Waktu terapi baik stimulator maupun *Infra Red* dapat diatur / dipilih 1-60 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Andriyani, U, 2007, Karya Tulis Ilmiah Alat *Infra Red* terapi, Hal 10, Teknik Elektromedik.

2. Feriyati, L, 2006. “*Anatomi Sistem Saraf dan Peranannya Dalam Regulasi Kontraksi Otot Rangka*”, USU Repository.
3. Pubudanang, R, 2008, Karya Tulis Ilmiah “*Rancang Bangun Stimulator Berbasis Mikrokontroler AT89S51*”, Poltekes, Teknik Elektromedik, Jakarta.
4. Gabriel, J.F, 1996, “*Fisika Kedokteran*” EGC, Jakarta
5. Farida, H, 2009, Karya Tulis Ilmiah “*Rancang Bangun Alat Terapi Sinar Infra Red*”, Universitas Indonesia, Fakultas Elektro, Jakarta.
6. Fauzan, R, 2009, Karya Tulis Ilmiah “*Alat Stimulator Berbasis Mikrokontroler AT89S51*”, Poltekes, Teknik Elektromedik, Jakarta.
7. Andrianto, H, 2013. “*Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega16/32 Menggunakan Bahasa C (CodeVisionAVR)*”, Informatika, Bandung.
8. Parjoto, S, SMPH,RPT, 2006 “*Terapi Listrik Untuk Modulasi Nyeri*”, Semarang
9. Wasito S, 2006, “*Vademekum Elektronika Edisi Kedua*” PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

#### TANYA JAWAB

##### Pertanyaan

1. Apakah alat ini dilengkapi dengan alarm tanda kerusakan?
2. Apakah lampu *Infra red* dapat dipindahkan-pindahkan ?
3. Berapa daya lampu *infra red* yang digunakan?

##### Jawaban

1. Alarm pada alat ini hanya sebagai indikator bahwa terapi sudah selesai, jadi belum ada alarm untuk tanda alat rusak.
2. Lampu *infra red* dapat dipindahkan secara manual.
3. Daya lampu *infra red* sebesar 150 W s/d 220V