



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ALAT TERAPI
SINAR INFRA MERAH**

SKRIPSI

FARIDA HAYATI

0706199312

**FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN ALAT TERAPI
SINAR INFRA MERAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

FARIDA HAYATI

0706199312

FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO

DEPOK

DESEMBER 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Sripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk saya nyatakan benar.

Nama : Farida Hayati
NPM : 0706199312
Tanda tangan :
Tanggal : Desember 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Farida Hayati
NPM : 0706199312
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Terapi Sinar Infra Merah

telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih M.T. (.....)

Penguji : Ir. Purnomo Sidi Priambodo M.Sc., Ph.D. (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Nji Raden Poespawati MT. (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 30 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Retno Wigajatri Purnamaningsih M.T.

Selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini.

Tak lupa terima kasih untuk semua keluarga besar saya, kedua orangtua yang selalu mendoakan serta suami yang selalu sedia mendukung. Rasa terimakasih juga ingin saya sampaikan untuk segenap rekan-rekan di RSKO dan alumni TEM angkatan 2003.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ni membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Desember 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademis Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah :

Nama : Farida Hayati
NPM : 0706199312
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Alat Terapi Sinar Infra Merah

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Desember 2009

Yang menyatakan

(.....)

ABSTRAK

Nama : Farida Hayati
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Alat Terapi Sinar Infra Merah

Alat terapi sinar infra merah dimaksudkan untuk menyempurnakan alat terapi yang sudah ada. Alat terapi ini dilengkapi dengan lampu infra merah, *timer*, LCD, *keypad*, EEPROM, LDR, buzzer dan mikrokontroler AT89S51. selain dapat mematikan lampu secara otomatis, alat ini juga dapat menyimpan data lama pemakaian lampu (*work hour*). Dari pengujian didapatkan timer pada alat terapi memiliki keakurasian sebesar 99,56% dan mampu menyimpan data *work hour*. Dengan menggunakan objek telapak tangan manusia, alat terapi ini secara konstan menaikkan suhu pada objek terapi dengan gradien 0,24 °C/menit.

Kata kunci :

Terapi infra merah, lampu infra merah, *timer*, mikrokontroler AT89S51, *work hour*.

ABSTRACT

Name : Farida Hayati
Study Program : Electronic Engineering
Title : Infrared Therapy Modul

The infrared therapy device is constructed to complete the existing device nowadays. This device consists of infrared lamp, timer for setting the therapy duration, LCD, keypad, EEPROM, LDR, buzzer and microcontroller AT89S51. Besides turning off automatically, this device can also record the work hour data of the lamp. From experiment, it can be shown that the device timer has accuracy of 99,56% and can successfully record the work hour data. With human palm object, this device can consistently raise its temperature with the gradient of 0,24⁰C/minutes.

keyword :
infrared therapy, infrared lamp, timer, microcontroller AT89S51, work hour.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan Penulisan	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Metode Penulisan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
2. LANDASAN TEORI	4
2.1 Cahaya	4
2.2 Kulit	8
2.3 Pengaruh Inframerah Terhadap Tubuh Manusia	11
2.4 Lampu Infra Merah untuk Terapi	15
3. PERANCANGAN ALAT TERAPI SINAR INFRA MERAH	18
3.1 Diagram Blok Perancangan Alat Terapi Infra Merah	19
3.2 Perancangan <i>Hardware</i> /Perangkat Keras	22
3.2.1 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89S51	22
3.2.2 Perancangan Rangkaian Tombol Pengaturan (<i>keypad</i>)	29
3.2.3 Perancangan Rangkaian Tampilan/ <i>display</i>	31
3.2.4 Perancangan Rangkaian EEPROM	34
3.2.5 Perancangan Rangkaian Pengendali Kerja Lampu	34
3.2.6 Perancangan Rangkaian Sensor LDR	35
3.2.7 Rangkaian <i>Buzzer</i>	37
3.3 Perancangan <i>Software</i> /Perangkat Lunak	37
3.3.1 Program Perangkat Lunak	37
3.3.2 Perangkat Lunak Pendukung yang Digunakan	40
4. PENGUJIAN RANCANGAN ALAT TERAPI INFRA MERAH DAN UJI FUNGSI TERHADAP OBJEK	42
4.1 Persiapan Alat dan Komponen	42
4.2 Metode Pendataan	43
4.3 Pengujian Bagian-Bagian Sistem	43
4.3.1 Pengujian Rangkaian Pengendali Lampu (TP1)	43
4.3.2 Pengujian Rangkaian Buzzer (TP2)	44
4.3.3 Pengujian Rangkaian Sensor (TP3)	46
4.4 Pengujian Sistem	47

4.4.1 Uji Fungsi <i>Timer</i>	47
4.4.2 Uji Fungsi Pencatatan <i>Work Hour</i>	48
4.4.3 Hasil Pengolahan Data	49
4.5 Uji Fungsi dan Analisa Alat Terhadap Objek	51
5. KESIMPULAN	55
DAFTAR ACUAN	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Spektrum Elektromagnetik	4
Gambar 2.2	Hukum Pemantulan Cahaya	5
Gambar 2.3	Pembiasan cahaya	5
Gambar 2.4	Kaitan Panjang gelombang,suhu dan intensitas	8
Gambar 2.5	Diagram penampang kulit manusia	9
Gambar 2.6	Cara kulit mengatur suhu tubuh	11
Gambar 2.7	Struktur kulit dan kaitannya dengan penyerapan sinar infra merah ...	12
Gambar 2.8	Persentase daya serap sinar infra merah terhadap kulit	13
Gambar 2.9	Lampu Infra Merah	16
Gambar 3.1	Perancangan alat terapi infra merah	18
Gambar 3.2	Diagram blok kerja rangkaian alat terapi infra merah	20
Gambar 3.3	Input dan output Mikrokontroler AT89S51	28
Gambar 3.4	Konstruksi <i>keypad</i> 3 x 4	30
Gambar 3.5	Bentuk Fisik <i>Keypad</i>	30
Gambar 3.6	Rangkaian <i>Keypad</i>	30
Gambar 3.7	Rangkaian LCD	33
Gambar 3.8	Rangkaian EEPROM	34
Gambar 3.9	Rangkaian pengendali kerja lampu	35
Gambar 3.10	Rangkaian Sensor LDR	36
Gambar 3.11	Rangkaian Buzzer	37
Gambar 3.12	Diagram alur alat terapi infra merah	38
Gambar 3.13	Bagan Tahapan Pembuatan Program	41
Gambar 4.1	Rangkaian Pengendali Lampu	44
Gambar 4.2	Rangkaian <i>Buzzer</i>	45
Gambar 4.3	Rangkaian Sensor	46
Gambar 4.4	Grafik pengujian ke-1 alat terapi infra merah terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan	52
Gambar 4.5	Grafik pengujian ke-2 alat terapi infra merah terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan	54
Gambar 4.6	Grafik pengujian ke-3 alat terapi infra merah terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Rencana Input dan Output Mikrokontroler	29
Tabel 3.2	Fungsi pin konektor LCD	32
Tabel 4.1	Data uji TP 1	44
Tabel 4.2	Data uji rangkaian <i>Buzzer</i>	45
Tabel 4.3	Data uji rangkaian Sensor	47
Tabel 4.4	Hasil pengujian ke-1 <i>work hour</i>	48
Tabel 4.5	Hasil pengujian ke-2 <i>work hour</i>	48
Tabel 4.6	Hasil pengujian ke-3 <i>work hour</i>	49
Tabel 4.7	% kesalahan hasil pengujian <i>timer</i> pada rangkaian keseluruhan	50
Table 4.8	Perbandingan gradien grafik kenaikan suhu alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan hidup sehat membuat manusia melakukan berbagai cara untuk mengatasi penyakit yang dideritanya. Penyakit-penyakit tertentu seperti misalnya nyeri punggung bawah, asma, osteoarthritis, *bronchitis*, merupakan contoh penyakit yang dalam upaya penyembuhannya tidak hanya dengan menggunakan obat-obatan namun juga diperlukan suatu proses terapi. Berdasarkan survei didapat bahwa 80% penduduk dari suatu populasi pernah mengalami fase nyeri punggung selama hidupnya [1], dan sekali fase ini dialami maka nyeri punggung mungkin akan terus berkelanjutan. Hal tersebut menjadi alasan pentingnya kesadaran penggunaan terapi dalam dunia kesehatan. Namun pada saat ini di Indonesia hanya rumah sakit besar saja yang dilengkapi dengan fasilitas terapi, padahal pada kenyataannya banyak sekali masyarakat yang membutuhkan.

Hingga saat ini terdapat beberapa jenis terapi yaitu dengan menggunakan sinar, zat cair dan gas, ultrasonik, listrik[2]. Terapi dengan menggunakan sinar dibedakan menjadi sinar infra merah, sinar ultra violet dan laser argon. Terapi dengan menggunakan zat cair dan gas dikelompokkan berdasarkan jenis energi yang digunakan, yaitu : termal, mekanik, kimia dan tekanan. Sedangkan terapi dengan media ultrasonik memanfaatkan bunyi dan frekuensi. Selanjutnya jenis terapi dengan menggunakan listrik dibedakan berdasarkan jenis arus listrik yang digunakan.

Dari semua jenis terapi, terapi dengan sinar infra merah merupakan yang paling umum digunakan[3], yaitu dengan memanfaatkan pancaran sinar infra merah yang dapat diperoleh baik secara alami dari matahari maupun dari lampu atau bantal listrik. Alat terapi infra merah yang ada saat ini masih dioperasikan secara manual dan tidak terdapat data lamanya pemakaian lampu infra merah[4-6], sehingga operator harus secara manual menyalakan dan mematikan lampu. Hal tersebut menimbulkan resiko kelalaian dalam pemantauan lama waktu terapi maupun pencatatan penggunaan lampu yang pada gilirannya dapat membahayakan pasien serta mempengaruhi efek terapi yang diterima.

Karena semakin lama lampu digunakan maka intensitas cahaya yang dihasilkan semakin menurun. Namun demikian lampu yang sudah lama digunakan masih dapat dipergunakan untuk terapi dengan syarat operator harus mengatur jarak lampu ke pasien. Untuk itu dibutuhkan informasi yang akurat tentang lama pemakaian lampu agar operator dapat memperkirakan jarak lampu ke pasien sesuai dengan kualitas intensitas lampu infra merah yang digunakan. Hal termaksud memotivasi penulis untuk merancang suatu alat terapi sinar infra merah yang dilengkapi pengaturan waktu penyinaran serta pencatatan lama pemakaian lampu secara otomatis.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk merancang dan merealisasikan perangkat terapi dengan sinar infra merah / *infra red therapy* yang dilengkapi dengan pengatur lama waktu penyinaran serta pencatat lama lampu telah digunakan.

1.3 Pembatasan Masalah

Dikarenakan berbagai kendala yang dihadapi, maka pembahasan perancangan dan realisasi alat terapi infra merah dibatasi dengan menggunakan :

1. Lampu pijar infra merah dengan daya 150W.
2. Lampu menyala kontinyu.
3. Objek terapi adalah daerah wajah, telapak tangan, pundak dan persendian tulang.
4. Pengendali alat terapi menggunakan mikrokontroler AT89S51.
5. Tampilan menu pengaturan waktu menggunakan *Liquid Crystal Display*(LCD) serta *keypad* sebagai masukannya.

1.4 Metode Penulisan

Untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini, dilakukan riset dengan tahapan sebagai berikut :

1. Karakterisasi lampu infra merah.
2. Perancangan rangkaian pengatur lamanya waktu penyinaran.

3. Perancangan program/*software* pengendali lamanya waktu penyinaran dan pencatatan lamanya lampu digunakan.
4. Perancangan rangkaian *display*/tampilan alat terapi infra merah.
5. Uji fungsi alat terapi infra merah terhadap tubuh manusia.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

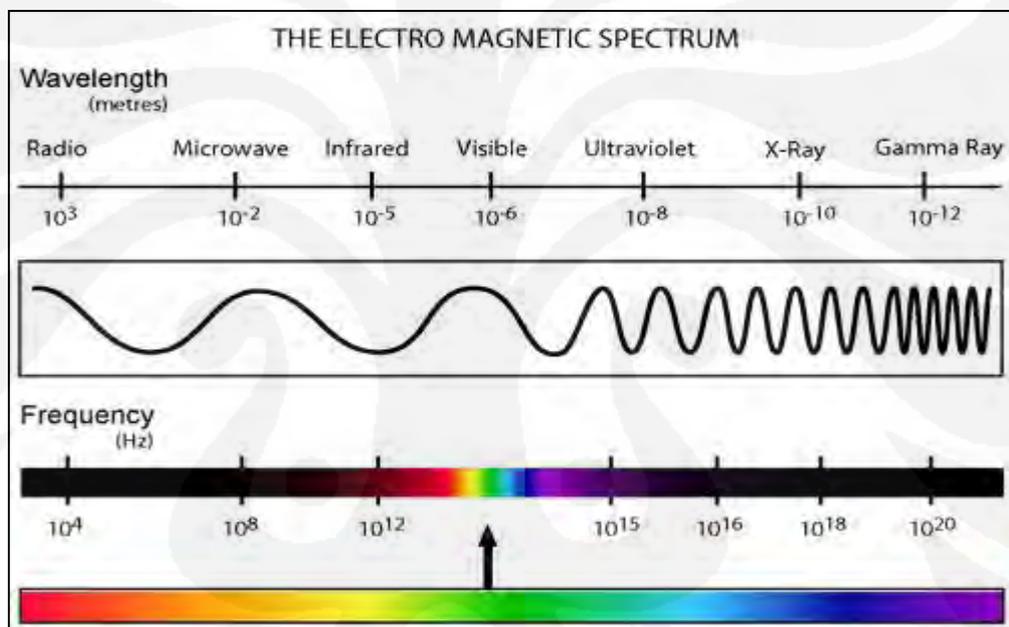
- Bab I Berisi tentang latar belakang masalah, tujuan penulisan, pembatasan masalah, cara pengerjaan, dan sistematika penulisan.
- Bab II Membahas tentang Dasar Teori Alat Terapi Infra Merah.
- Bab III Membahas tentang perancangan Alat Terapi Infra Merah.
- Bab IV Membahas mengenai analisa Alat Terapi Infra Merah.
- Bab V Penutup, yang meliputi kesimpulan dari tugas akhir yang telah dibuat.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Cahaya

Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat melalui ruang hampa dengan kecepatan $3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$ [2]. Gambar 2.1 merupakan spektrum gelombang elektromagnetik. Gelombang cahaya dibagi menjadi 3 yaitu sinar tampak, sinar ultra violet, dan sinar infra merah[7]. Sinar tampak berada dalam rentang panjang gelombang 400nm sampai dengan 750nm, sedangkan sinar ultra violet mempunyai panjang gelombang antara 100-400nm, dan sinar infra merah berada pada panjang gelombang 750nm – 10000nm.



Gambar 2.1 Spektrum elektromagnetik

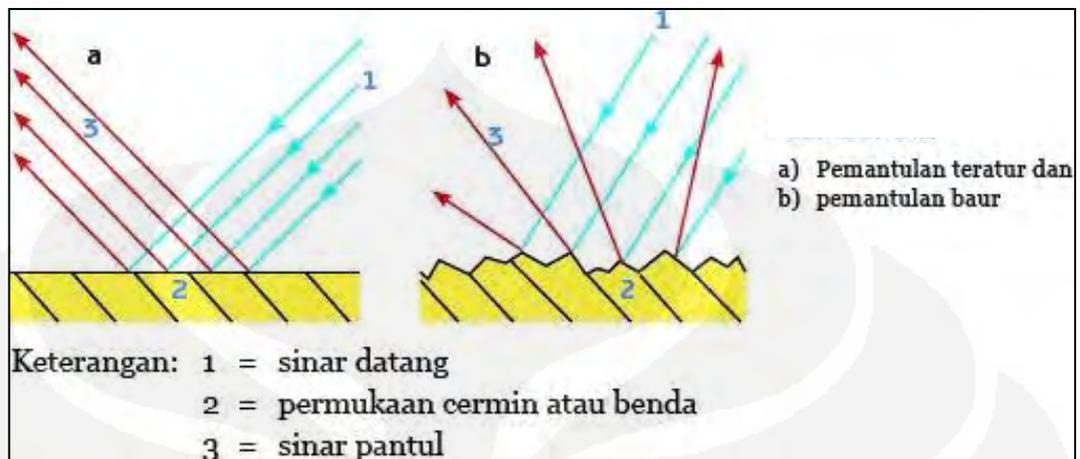
Jika gelombang elektromagnetik merambat melalui suatu medium maka sebagian akan dipantulkan, sebagian akan dibiaskan dan sebagian lainnya akan diserap tergantung dari sifat medium. Berikut merupakan sifat-sifat pemantulan cahaya.

a. Pemantulan cahaya

Hukum pemantulan cahaya yang dikemukakan oleh Snellius, diperlihatkan pada Gambar 2.2 yaitu :

- Sinar datang, garis normal dan sinar pantul terletak pada satu bidang dan berpotongan di satu titik pada bidang itu.

- Sudut antara sinar pantul dan garis normal sama dengan sudut antara sinar datang dan garis normal.

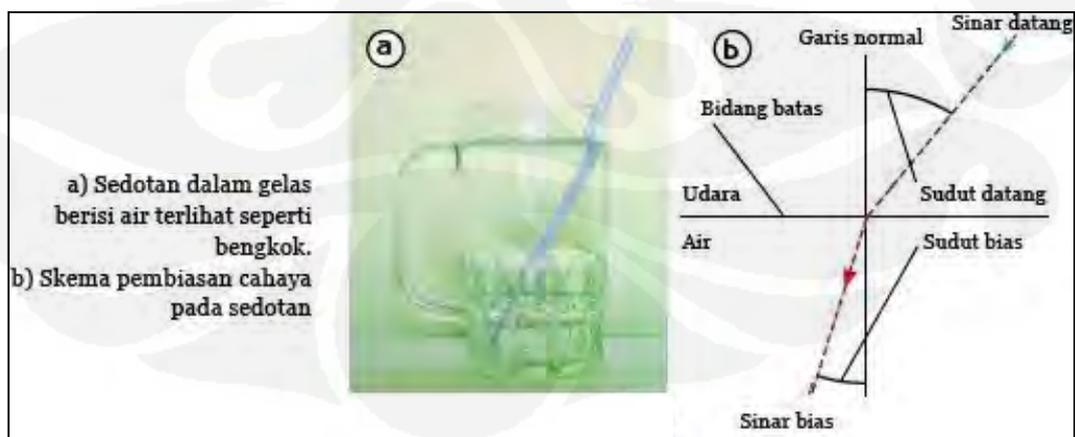


Gambar 2.2 Hukum pemantulan cahaya : a.pemantulan teratur(sempurna),
b.pemantulan baur[8].

b. Pembiasan cahaya

Berlaku ketentuan pembiasan cahaya (Snellius) dimana ditunjukkan pada Gambar 2.3, yaitu :

- Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada satu bidang datar.
- Perbandingan panjang proyeksi sinar datang dengan panjang proyeksi sinar bias pada berbagai sudut datang pada batas dua medium yang sama, harganya konstan.



Gambar 2.3 Pembiasan cahaya : a.pada sedotan didalam gelas, b.skema pembiasan cahaya pada sedotan[9].

Dari Gambar 2.3 (b) cahaya dibiaskan mendekati garis normal, yang terjadi apabila cahaya datang dari zat yang kurang rapat menuju zat yang lebih rapat. Dalam hal itu, air lebih rapat daripada udara. Sebaliknya, jika cahaya datang dari zat yang lebih rapat ke zat yang kurang rapat, akan dibiaskan menjauhi garis normal.

c. Penyerapan Cahaya

Penyerapan cahaya adalah disipasi cahaya (radiasi) terhadap suatu medium atau permukaan. Absorpsi cahaya oleh suatu molekul merupakan suatu bentuk interaksi antar gelombang cahaya (foton) dan atom/molekul.

Energi cahaya yang diserap digunakan untuk bertransisi ke tingkat energi elektronik yang lebih tinggi. Absorpsi hanya terjadi jika selisih kedua tingkat energi elektronik tersebut ($\Delta E = E_2 - E_1$) bersesuaian dengan energi cahaya (foton) yang datang ($\Delta E = E_{\text{Foton}}$) [10].

$$E = h \cdot \nu \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

E = Energi Foton

h = Konstanta Planck = $6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

ν = Frekuensi gelombang

Pada persamaan 2.1 ditunjukkan bahwa energi partikel cahaya (foton) atau E berbanding lurus dengan frekuensinya, oleh sebuah konstanta.

Sebagai contoh, sinar infra merah dengan $\lambda = 750 \text{ nm}$, memiliki energi partikel cahaya (E) :

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = (6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}) \cdot \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{750 \cdot 10^{-9} \text{ m}} = 0,03 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

dimana : $\nu = \frac{c}{\lambda}$; (2.2)

; c = kecepatan cahaya ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

Setiap panjang gelombang memiliki energi panas yang berbeda. Panjang gelombang memiliki hubungan berbanding terbalik dengan temperatur radiasi yang dipancarkan. Semakin panjang gelombang yang dipancarkan suatu benda semakin dingin benda tersebut. Contohnya pada kompor gas yang berwarna biru

lebih panas daripada api dengan warna merah, dimana panjang gelombang warna biru lebih pendek daripada warna merah.

Ditinjau dari panjang gelombang, infra merah dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

1. Infra merah panjang (*Far Infra Red*), memiliki panjang gelombang 3000-10000nm.
2. Infra merah menengah (*Middle Infra Red*), memiliki panjang gelombang 1500-3000nm.
3. Infra Merah pendek (*Near Infra Red*), memiliki panjang gelombang 750-1500nm.

Sinar infra merah pertama kali ditemukan oleh Herscel pada tahun 1839. Infra merah dapat bersumber secara alami maupun buatan. Secara alami dihasilkan oleh matahari, sedangkan dengan buatan dapat dihasilkan dari benda-benda yang memancarkan panas seperti air hangat, bantalan listrik dan lain sebagainya[8]. Sinar infra merah dihasilkan oleh elektron dalam molekul yang bergetar karena benda dipanaskan. Jadi setiap benda pasti memancarkan sinar infra merah. Jumlah sinar infra merah yang dipancarkan bergantung pada suhu dan warna benda.

Sinar infra merah dapat bertransmisi dengan radiasi. Radiasi panas yang dipancarkan oleh suatu benda bergantung pada suhunya, makin tinggi suhu suatu benda, makin besar pula energi panas yang dipancarkan (hukum *Stevan Boltzmann*)[11] .

$$P = \frac{Q}{t} = e \sigma A T^4 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$T = \frac{c}{\lambda} \text{ , sehingga :}$$

$$P = \frac{Q}{t} = e \sigma A \left(\frac{c}{\lambda} \right)^4 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$I = \frac{P}{A} = e \sigma \left(\frac{c}{\lambda} \right)^4 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

P : Daya Radiasi (laju energi yang dipancarkan)

Q : Energi Kalor/Panas

t : Waktu.

σ : konstanta Stefan-Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$)

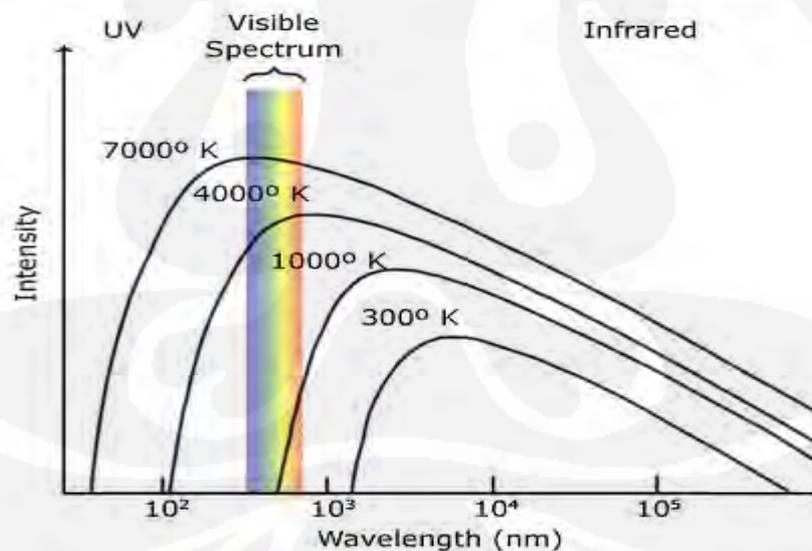
A : luas permukaan benda (m^2)

T : suhu mutlak permukaan benda ($^{\circ}\text{K}$)

c : Ketetapan *Wiens* = $2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m}^{\circ}\text{K}$

λ : Panjang gelombang (m)

Dengan demikian, energi panas yang dipancarkan oleh suatu benda berbanding terbalik dengan panjang gelombang (ditunjukkan oleh persamaan 2.2). Semakin tinggi nilai panjang gelombang yang dipancarkan benda maka energi panas yang dipancarkan akan semakin kecil dengan kata lain suhu benda tersebut akan semakin rendah. Gambar 2.4 menunjukkan kaitan antara panjang gelombang, suhu dan intensitas cahaya yang dipancarkan.



Gambar 2.4 Kaitan panjang gelombang, suhu dan intensitas

2.2.Kulit

Kulit merupakan lapisan terluar tubuh yang menerima rangsangan mekanis dari luar secara langsung.

Adapun fungsi kulit, yaitu sebagai berikut :

- a. Pelindung tubuh terhadap kerusakan-kerusakan fisik karena gesekan, penyinaran, kuman-kuman, zat kimia, panas, dan sebagainya;
- b. Mengurangi kehilangan air;
- c. Mengatur suhu badan;
- d. Mengekskresikan zat-zat sisa berupa keringat;
- e. Menerima rangsang dari luar.

Kulit atau *integument* terdiri atas dua lapis, yaitu lapisan luar yang disebut *epidermis* dan lapisan dalam yang disebut *dermis* atau *korium*[12].

Epidermis terdiri atas beberapa lapisan, yaitu sebagai berikut :

- a. *Stratum Korneum* atau lapisan tanduk yang tersusun atas sel-sel mati yang selalu mengelupas;
- b. *Stratum Lusidum* yang berwarna bening;
- c. *Stratum Granulosum* merupakan lapisan kulit yang berpigmen;
- d. *Stratum Germinativum* merupakan lapisan kulit yang selalu tumbuh membentuk sel-sel baru ke arah luar.

Di bawah lapisan ini terdapat *dermis*. Pada lapisan ini terdapat akar rambut, *kelenjar keringat (Glandula sudorifera)*, *kelenjar minyak (Glandula sebacea)*, *pembuluh darah*, dan *serabut syaraf*. Untuk lebih jelasnya perhatikan

Gambar 2.5.



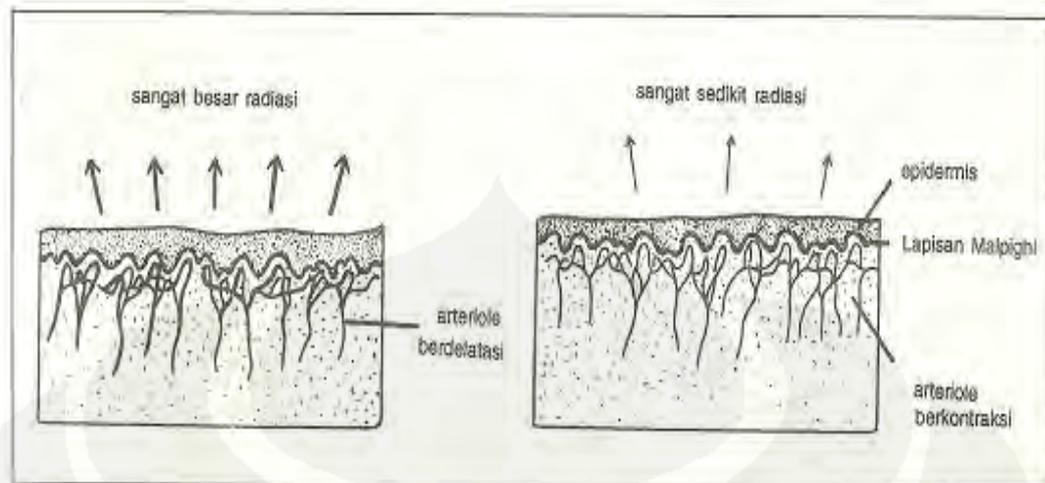
Gambar 2.5 Diagram penampang kulit manusia[12]

Keterangan gambar :

1. Rambut
2. Pori-pori
3. Kapiler darah
4. Pipa/saluran keringat
5. Ujung saraf corpuscle
6. Glandula sebacea (kelenjar minyak)
7. Pembuluh darah
8. Otot penggerak rambut
9. Glandula sudorifera (kelenjar keringat)
10. Badan lemak
11. Serabut saraf
12. Kantong rambut

Lapisan *dermis* mengandung pembuluh darah, akar rambut, ujung syaraf, kelenjar keringat, dan kelenjar minyak. Kelenjar keringat menghasilkan keringat. Banyaknya keringat yang dikeluarkan dapat mencapai 2.000 ml setiap hari, tergantung pada kebutuhan tubuh dan pengaturan suhu. Keringat mengandung air, garam, dan urea. Pada suhu lingkungan tinggi (panas), kelenjar keringat menjadi aktif dan pembuluh kapiler di kulit melebar. Melebarnya pembuluh kapiler akan memudahkan proses pembuangan air dan sisa metabolisme. Aktifnya kelenjar keringat mengakibatkan keluarnya keringat ke permukaan kulit dengan cara penguapan.

Pada Gambar 2.6 diperlihatkan cara kulit mengatur suhu tubuh. *Kelenjar* minyak bertugas menghasilkan minyak yang penting untuk mencegah kekeringan kulit dan rambut, sedangkan, *kelenjar* keringat terbesar diseluruh permukaan tubuh. Di seluruh permukaan kulit terdapat kurang lebih dua setengah juta *kelenjar* keringat. Permukaan tubuh yang paling sedikit mempunyai *kelenjar* keringat adalah telapak tangan, ujung jari, dan kulit muka. *Kelenjar* keringat terdiri atas *pembuluh* panjang dari lapisan *Malpighi* yang masuk ke *dermis*.



Gambar 2.6 Cara kulit mengatur suhu tubuh

Pangkal *kelenjar* keringat menggulung dan berhubungan dengan *kapiler* darah dan *saraf simpatis*. Selanjutnya, air beserta larutannya dikeluarkan melalui *pembuluh* ke permukaan kulit. Keringat itu akan menguap dan menyerap panas tubuh kita sehingga suhu tubuh kita menjadi tetap. Dengan demikian meningkatnya suhu lingkungan tidak akan meningkatkan suhu tubuh.

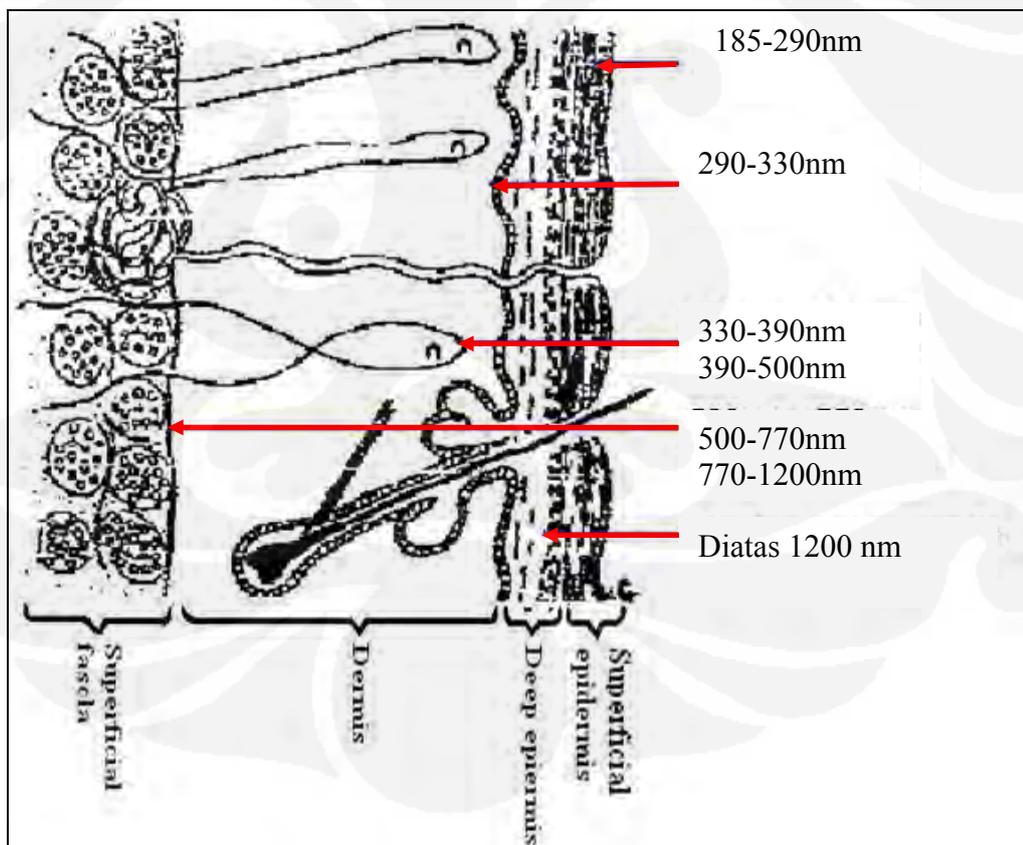
Sebaliknya pada saat suhu lingkungan rendah/dingin, pembuluh darah menyempit, sehingga darah yang melaluinya sedikit. Kegiatan kelenjar keringat berada dibawah pengaruh pusat pengatur suhu di *hipotalamus* dengan enzim *brandikinin*. Bila pusat pengatur suhu ini dirangsang oleh perubahan suhu pada pembuluh darah maka rangsangan akan dipindahkan oleh *saraf simpatis* ke kelenjar keringat. Dalam keadaan normal, tubuh kita akan mengeluarkan keringat lebih kurang 50 cc per jam.

2.3.Pengaruh Inframerah Terhadap Tubuh Manusia

Sinar inframerah yang mengenai kulit akan mengaktifkan molekul air dalam kulit, karena inframerah mempunyai getaran yang sama dengan molekul air[13]. Ketika molekul tersebut pecah dikarenakan getaran maka akan terbentuk molekul tunggal yang dapat meningkatkan volume dan kecepatan cairan tubuh. Bergetarnya molekul air tersebut akan menghasilkan panas yang menyebabkan pembuluh kapiler membesar, meningkatkan temperatur kulit, memperbaiki sirkulasi darah dan mengurangi tekanan jantung. Sinar infra merah yang

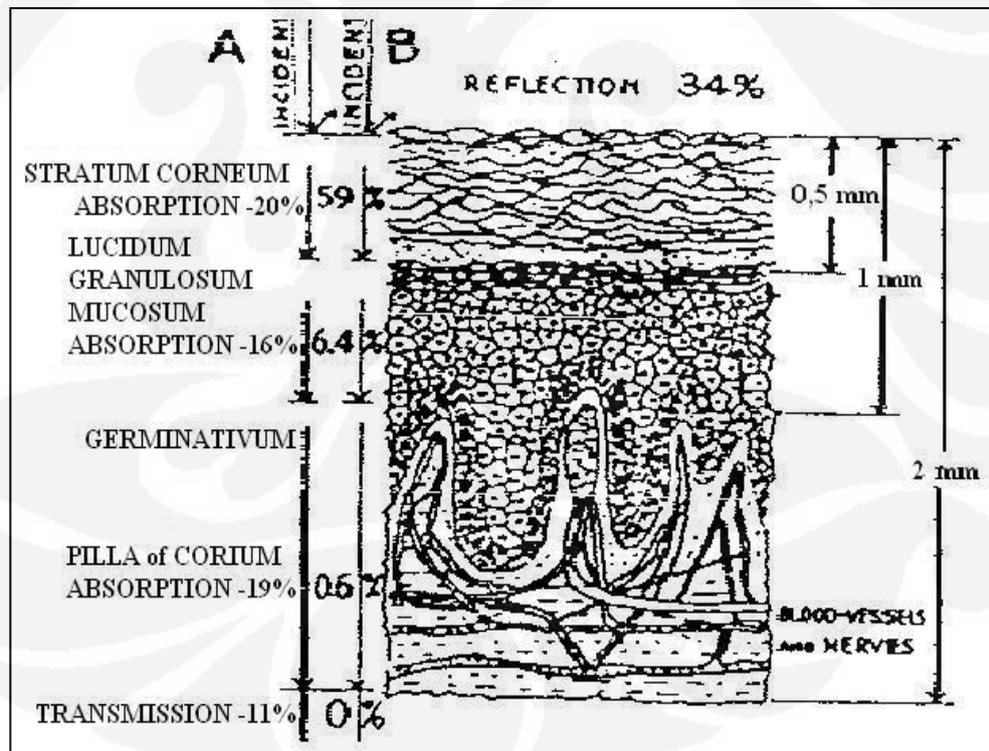
diabsorbsi oleh kulit, juga menyebabkan terjadinya peningkatan suhu secara lokal (di daerah yang mengabsorbsi sinar tersebut).

Pada Gambar 2.7 ditunjukkan penyerapan sinar oleh kulit. Sinar ultra violet dengan panjang gelombang 180-390nm hanya dapat menembus jaringan *superficial* epidermis. Pancaran panjang gelombang 330-500nm oleh sinar tampak dapat menembus jaringan *dermis* atas. Sinar infra merah dengan panjang gelombang sekitar 500-1200nm menembus jaringan kulit lebih dalam dibanding sinar lain yaitu hingga ke jaringan terbawah *dermis*. Sinar infra merah dapat menembus jaringan kulit mulai dari lapisan teratas (epidermis) yaitu lapisan terluar dari kulit dimana terdapat pori-pori (kapiler) keringat dan kemudian juga mempengaruhi bagian-bagian yang lebih dalam, yaitu organ-organ persyarafan dibawah kulit yang berfungsi untuk merasakan derajat panas pada saat proses terapi, pembuluh-pembuluh darah, kelenjar keringat dan jaringan kulit sampai dengan pada lemak. Hal tersebut menjadi salah satu alasan mengapa sinar infra merah digunakan sebagai terapi dalam dunia kesehatan.



Gambar 2.7 Struktur kulit dan kaitannya dengan penyerapan sinar Infra Merah[2]

Sumber infra merah yang dihasilkan dari lampu dapat dibuat dengan menggunakan beberapa bahan, diantaranya dari bahan *iron* dan *tungsten*. Bahan *tungsten* digunakan untuk jenis pembangkit infra merah *Luminous* yang menghasilkan panjang gelombang 350-4000nm. Sedangkan bahan *iron* digunakan pada pembangkit infra merah *Non Luminous* yang menghasilkan panjang gelombang 770-15000nm. Seperti telah ditunjukkan pada Gambar 2.6 tentang penyerapan sinar pada kulit berdasarkan panjang gelombang, maka sinar infra merah yang dihasilkan dari bahan yang terbuat dari *tungsten* dapat menembus jaringan kulit lebih dalam daripada bahan yang terbuat dari *iron* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8. Dari total keseluruhan sinar infra merah yang dipancarkan oleh suatu sumber ke permukaan tubuh manusia, 34% nya dipantulkan oleh lapisan kulit terluar sedangkan 66% nya diserap oleh jaringan tubuh. Penyerapan tersebut mulai dari lapisan *stratum corneum* sampai dengan lapisan pembuluh-pembuluh darah dan syaraf. Penyerapan maksimum terjadi pada lapisan teratas kulit (*stratum corneum*).



Gambar 2.8 Persentase daya serap sinar infra merah terhadap kulit, A : Radiasi dari lampu berfilamen *tungsten*, B : Radiasi dari lampu berfilamen *iron*[14].

Sinar infra merah memiliki beberapa dampak terhadap tubuh manusia, baik yang menguntungkan maupun merugikan/berbahaya.

Beberapa dampak menguntungkan antara lain[2] :

1. Meningkatkan proses metabolisme.

Proses metabolisme yang terjadi pada lapisan kulit paling atas (*superficial*) akan meningkat, sehingga ketersediaan oksigen dan nutrisi ke jaringan akan meningkat. Demikian pula pada pengeluaran sisa-sisa metabolisme.

2. Vasodilatasi (pelebaran) pembuluh darah

Pembuluh darah kapiler akan segera melebar (dilatasi) setelah penyinaran infra merah, sehingga kulit tampak kemerahan tapi tidak merata, kondisi ini dinamakan eritema. Eritema terjadi bila ada energi dengan temperatur tinggi (panas) yang diterima ujung saraf sensorik yang kemudian mempengaruhi mekanisme pengatur panas. Dengan meningkatnya sirkulasi darah, ketersediaan oksigen dan nutrisi ke jaringan akan meningkat, dengan demikian kadar sel darah putih dan antibodi dalam jaringan akan meningkat pula. Hal itu menyebabkan pemeliharaan jaringan menjadi lebih baik dan perlawanan terhadap penyebab radang juga semakin baik.

3. Pengaruh pada saraf sensorik

Pemanasan ringan berpengaruh *sedative* terhadap ujung saraf sensorik, sedang pemanasan berlebihan akan menimbulkan iritasi.

4. Pengaruh pada jaringan otot

Selain kenaikan temperatur yang akan membantu relaksasi otot juga akan meningkatkan kemampuan otot untuk berkontraksi.

5. Peningkatan temperatur tubuh

Hal ini akan terjadi bila penyinaran dilakukan pada area tubuh secara luas dan dalam waktu yang lama. Hal tersebut akan berpengaruh juga pada penurunan tekanan darah sistemik.

6. Meningkatkan mutu persendian darah dalam tubuh

Kondisi darah yang baik sangat penting untuk proses penyembuhan luka maupun infeksi. Vasodilatasi (pelebaran) mengakibatkan peningkatan persendian oksigen dalam darah dan zat-zat yang berguna bagi jaringan

tubuh, mempercepat produk limbah dan membantu penguraian pembakaran.

7. Mengaktifkan kelenjar keringat

Rangsangan panas yang dibawa ujung saraf sensorik akan mengaktifkan kerja kelenjar keringat pada daerah yang diberi penyinaran.

Selain dampak yang menguntungkan, sinar infra merah juga memiliki beberapa dampak negatif terhadap kulit, yaitu :

1. Pigmentasi

Penyinaran yang berulang-ulang akan menyebabkan pigmentasi pada jaringan yang bersangkutan. Pigmentasi yang terjadi biasanya mengelompok dan tidak merata karena adanya kerusakan pada sebagian sel-sel darah merah ditempat tersebut.

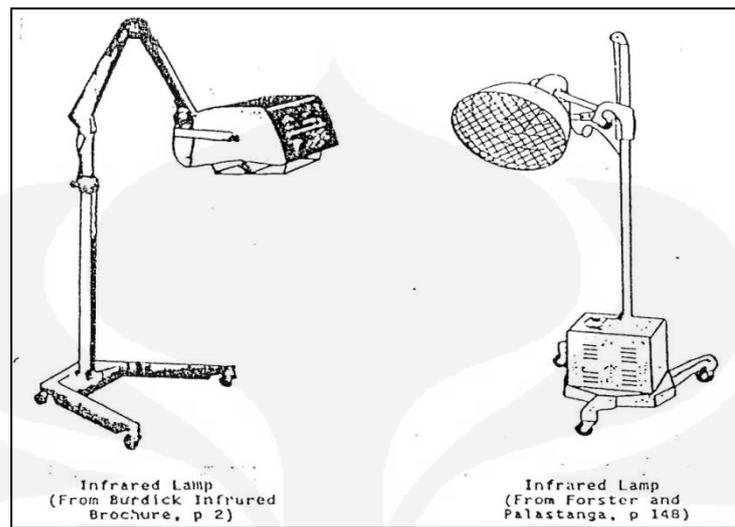
2. Destruksi jaringan

Kerusakan jaringan timbul karena penyinaran yang berlebihan dalam waktu lama sehingga menimbulkan panas yang berlebihan (tidak dapat ditoleransi tubuh).

Dampak sinar infra merah yang menguntungkan terhadap tubuh manusia membuat infra merah dipergunakan dalam salah satu terapi penyembuhan. Terapi ini lebih dikenal dengan terapi infra merah atau *infra red therapy* yang memanfaatkan efek panas sinar infra merah. Namun, karena juga terdapat dampak negatif terhadap kulit maka dibutuhkan pemantauan waktu yang tepat pada proses terapi infra merah.

2.4.Lampu Infra Merah Untuk Terapi

Sebelum menjelaskan lebih lanjut mengenai penggunaan lampu infra merah untuk terapi, terlebih dahulu akan dijelaskan mengenai sumber pembangkit sinar infra merah. Pembangkit sinar infra merah pada dasarnya dapat digolongkan menjadi dua golongan, yaitu : *Non Luminous* dan *Luminous Generator*[2]. *Non Luminous* hanya mengandung infra merah saja, sedangkan *Luminous* disamping menghasilkan infra merah juga sinar tampak dan ultra violet.



Gambar 2.9 Lampu Infra Merah

Pembangkit *Non luminous* akan memproduksi sinar infra merah dengan panjang gelombang sekitar 770 - 15000nm atau kurang dari batas ini. Pembangkit kecil mempunyai kekuatan 500 watt, sedang yang besar mencapai 750 watt - 1.500 watt. Sedangkan *Luminous* generator dihasilkan oleh satu atau lebih lampu pijar, yang mengeluarkan sinar merah, sinar tampak dan sebagian kecil ultra violet. Lampu ini mempunyai kekuatan bermacam-macam mulai dari 60 watt – 1.000 watt, dengan panjang gelombang yang dihasilkan berkisar antara 350 – 4000nm. Lampu-lampu tersebut sebagian dilengkapi pula dengan filter atau kaca penyaring misalnya kaca merah, hal ini dimasukkan untuk mengabsorpsi sinar tampak dan sinar ultra violet.

Terapi sinar infra merah bersifat fisioterapi, maksudnya adalah pengobatan yang dilakukan secara fisik dengan memanfaatkan pancaran radiasi yang dihasilkan. Jarak antara lampu infra merah dengan pasien umumnya antara 36-50 cm, sedangkan untuk pasien dengan luka syaraf (neuritis) jaraknya diperjauh sekitar ± 1 atau $\frac{1}{2}$ kali jarak umumnya. Lampu diposisikan berhadapan dan tegak lurus dengan daerah yang akan diradiasi untuk menjamin penyerapan yang maksimal. Lamanya waktu terapi dengan menggunakan infra merah antara 10-30 menit tergantung dengan sensitivitas pasien terhadap derajat panas, jenis penyakit

yang diderita pasien dan besarnya daya lampu yang digunakan. Derajat panas maksimum yang diperbolehkan sesuai dengan tabel dibawah ini.

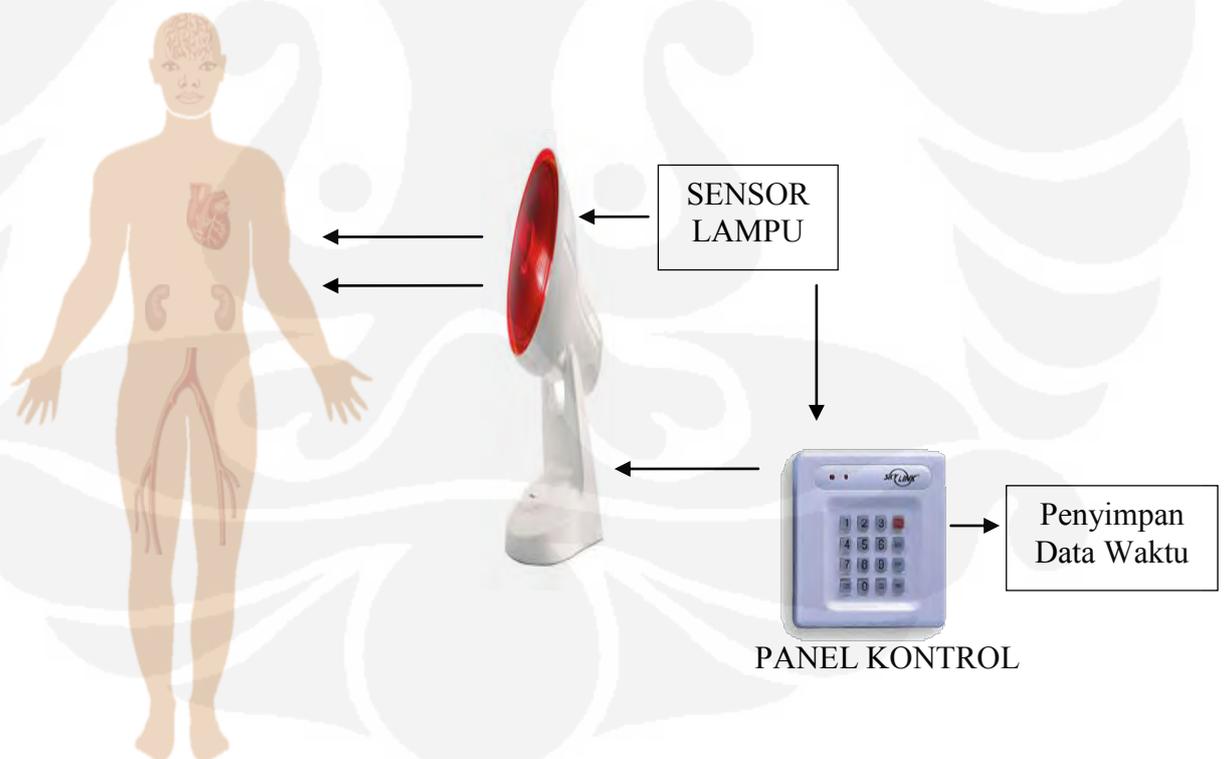
Penggunaan infra merah dalam pengobatan penyakit antara lain, sebagai pengurang rasa sakit yang ditimbulkan oleh pembengkakan, perangsang pada jaringan rusak, mengurangi rasa sakit pada persyarafan, relaksasi otot, meningkatkan mutu persendian darah dalam tubuh, terapi pada penyakit sendi-sendi tulang (arthritic joints), dislokasi dan *rheumatic*, meningkatkan metabolisme dan sebagai antiseptic pada bagian yang terinfeksi [13].

Setelah mempelajari sifat-sifat cahaya dan kaitannya dengan jaringan tubuh manusia, selanjutnya akan dilakukan perancangan perangkat yang dijelaskan dalam Bab III.

BAB III

PERANCANGAN ALAT TERAPI INFRA MERAH

Pada Gambar 3.1 ditunjukkan diagram alir perancangan alat terapi infra merah. Lampu infra merah menyinari tubuh manusia, kerja lampu dikontrol oleh panel kontrol yang ditempatkan terpisah dengan lampu serta dipantau oleh sensor lampu. Panel kontrol akan memberikan data lama pemakaian lampu pada memori penyimpanan data waktu. Setelah posisi lampu diatur, operator dapat mengatur waktu lama penyinaran, kemudian lampu akan menyinari tubuh pasien. Sensor pada lampu akan memberikan sinyal kepada timer untuk mulai menghitung jika lampu telah menyala, jika lampu tidak menyala, maka timer belum mulai menghitung. Setelah selesai penyinaran lampu akan mati dan panel kontrol akan mengirimkan data lama waktu penyinaran untuk selanjutnya disimpan di penyimpanan data waktu sebagai data lama lampu telah digunakan.



Gambar 3.1 Perancangan alat terapi infra merah

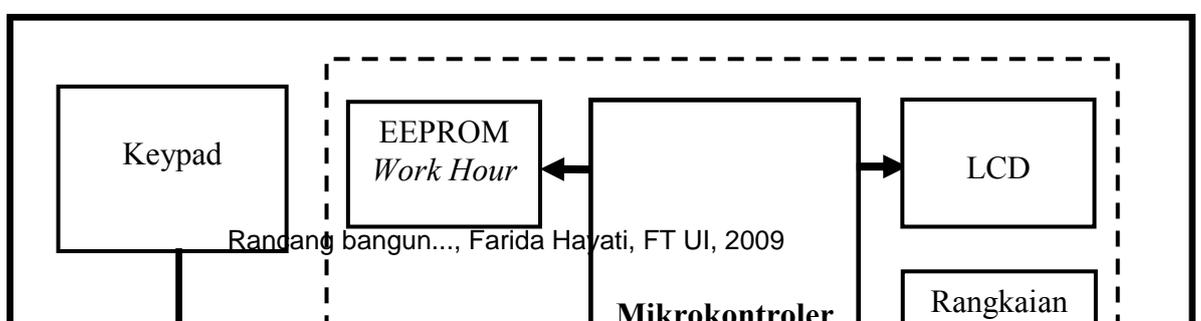
Perancangan alat terapi infra merah ini terbagi menjadi 2 bagian, yaitu perancangan perangkat yang terdiri dari perancangan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Perancangan *software* terdiri dari perancangan bahasa pemrograman yang dapat mengatur lamanya penyinaran, timer serta pencatatan pemakaian lampu secara otomatis ke memori, sedangkan perancangan *hardware* digunakan IC AT89S51 yang akan menjadi pengendali untuk bekerjanya rangkaian-rangkaian yang lainnya, diantaranya : tombol *keypad* sebagai input data, display LCD, *buzzer*, EEPROM, LDR sebagai sensor lampu menyala, dan pengatur kerja lampu infra merah merk *Phillips, InfraPhil PAR38*, dengan $\lambda = 1000\text{nm}$ [15]. *Software* diperlukan untuk mengendalikan sistem AT89S51 sebagai komponen utama, sehingga *hardware* bekerja sesuai fungsi.

Perancangan alat terapi infra merah diarahkan agar:

1. Pengaturan lama waktu penyinaran dapat diatur dengan menggunakan *keypad*.
2. Dapat menampilkan informasi lama waktu penyinaran pada proses terapi, yang dapat ditampilkan pada LCD.
3. Dapat secara otomatis menyimpan lama waktu lampu telah digunakan (*work hour*) serta dapat ditampilkan pada LCD.
4. Dapat secara otomatis mematikan lampu sekaligus mengingatkan operator bahwa terapi telah selesai melalui indikator Alarm (*Buzzer*).
5. Dapat dilengkapi dengan sensor LDR yang mampu mengecek apakah lampu menyala saat program timer dijalankan.

3.1. Diagram Blok Perencanaan Alat Terapi Infra Merah

Setelah menjelaskan diagram alir serta desain alat terapi infra merah secara umum, selanjutnya akan diuraikan diagram blok kerja alat terapi infra merah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram blok kerja rangkaian alat terapi infra merah

Penjelasan Diagram Blok :

1. Rangkaian Power Supply

Berfungsi untuk penyedia tegangan keseluruhan rangkaian.

2. Keypad

Berfungsi sebagai masukan data pengaturan waktu yang terdiri dari 2 mode pada menu awal. Pada menu awal akan terdapat dua pilihan, yaitu :

- *Timer* = mengatur waktu penyinaran
- *Work Hour* = menampilkan sudah berapa lama lampu digunakan (dalam menit).

Menu *timer* digunakan untuk pengatur berapa lama waktu penyinaran yang diinginkan. Jika kita diinginkan penyinaran berjalan tanpa waktu yang diatur, kosongkan pengaturan waktu untuk timer (00:00) dan tekan tombol # (enter) pada keypad. Lalu tekan tombol “A” untuk mulai menjalankan timer dan lampu infra merah akan menyala.

3. Mikrokontroler AT89S51

Pada blok ini terdapat IC mikrokontroler AT89S51 yang berfungsi sebagai otak atau pusat pengendali utama dari rangkaian secara keseluruhan. Mikrokontroler akan dapat masukan dari *keypad*, yang kemudian akan

diproses oleh mikrokontroler untuk mengatur waktu, serta menjalankan waktu settingan. Jika pengaturan waktu tidak diisi (00:00), maka secara otomatis alat akan bekerja tanpa timer yang diatur sampai menit keberapa akan berhenti, timer/lampu akan off jika kita menekan tombol D (off) pada keypad. Sebelum timer melimpah naik, mikrokontroller akan menunggu sinyal high (1) dari rangkaian sensor LDR yang menandakan lampu menyala saat mikrokontroller memberikan sinyal ke rangkaian pengendali lampu untuk menyalakan lampu infra merah. Keluaran dari Mikrokontroler AT89S51 akan ditampilkan oleh LCD dan juga alarm/buzzer akan berbunyi, jika penyinaran selesai.

4. LCD

LCD merupakan rangkaian tampilan berupa LCD 2x16, dimana dikendalikan langsung oleh Mikrokontroler. Pada LCD yang akan ditampilkan berupa menu pengoperasian alat (dengan atau tanpa menggunakan timer), *timer*, data lamanya pemakaian lampu, informasi kerja alat terapi infra merah.

5. EEPROM Work Hour

Pada blok ini terdapat EEPROM AT24C04 yang berfungsi untuk menyimpan lamanya penggunaan lampu .

6. Pengendali lampu

Pengendali lampu berfungsi untuk mengendalikan lampu sesuai dengan sistem program mikrokontroler.

7. Lampu

Lampu yang digunakan pada rangkaian ini adalah lampu Merk : Infraphill, Tipe : PAR38, 150 Watt, berwarna merah. Lampu dapat langsung digunakan pada tegangan 220 Volt.

8. Rangkaian sensor LDR

Rangkaian sensor LDR berfungsi untuk mengetahui kondisi lampu saat timer mulai dijalankan. Jika lampu tidak menyala saat timer mulai melimpah naik, maka akan muncul pesan ">> Lamp Error <<" Pada display LCD.

9. Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai indikator alarm bahwa penyinaran telah selesai.

3.2. Perancangan Hardware/Perangkat keras

Setelah merancang susunan perangkat, selanjutnya dilakukan perancangan *hardware* secara lebih khusus.

3.2.1 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

3.2.1.1. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler merupakan suatu komponen elektronika yang terdiri dari rangkaian mikroprosesor, memori (RAM/ROM) dan I/O, yang terdapat komponen-komponen mikroprosesor (RAM, ROM, timer, komponen I/O paralel dan serial, dan interrupt kontroler) saling berhubungan dengan bus-bus internal.

Keunggulan dari mikrokontroler adalah adanya sistem *interrupt*. Sebagai perangkat kontrol penyesuaian, mikrokontroler sering disebut juga untuk menaikkan respon eksternal (interrupt) di waktu yang nyata. Perangkat tersebut harus melakukan hubungan *switching* cepat, menunda satu proses ketika adanya respon eksekusi yang lain.

Mikrokontroler merupakan pengendali utama dari semua sistem, karena setiap bagian-bagian sistem akan menerima dan memberikan sinyal pada mikrokontroler. Pada modul ini digunakan mikrokontroler buatan Atmel, yaitu AT89S51. Mikrokontroler ini merupakan salah satu jenis mikrokontroler yang memiliki performa yang tinggi dengan disipasi daya yang rendah, Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*) sebesar 4Kbyte, merupakan memori dengan teknologi non-volatile memori yaitu isi memori tersebut dapat diisi ulang maupun dihapus berkali-kali, RAM internal 128 Byte yang biasa digunakan untuk menyimpan variable atau data-data yang bersifat sementara dan 4 buah port I/O, yaitu port 0, port 1, port 2 dan port 3.

Single chip mikrokontroler AT89S51 mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit
- Kompatibel dan berstandar MCS-51
- 4 Kbyte EEPROM Internal
- Frekuensi clock 0 Hz – 33 MHz

- 32 Programmable I/O line yang terbagi menjadi 4 buah port dengan 8 I/O.
- 3 timer / counter 16 bit
- RAM internal 256 - 8 Bit
- ROM sebesar 4 Kbyte
- Prosesor Boolean (Variable 1 bit)
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu
- Dapat mengakses memori eksternal maksimum sebesar 64 Kbyte program dan 64 Kbyte data
- Supply 4 s/d +5,5 Volt

Perlengkapan dasar dari mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :

a. Central Processing Unit (CPU)

CPU ini terdiri dari dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) dan *Aritmatic Logic Unit* (ALU). Fungsi utama dari pengendali adalah mengambil, mengkode dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori.

Unit ini mengatur urutan operasi seluruh sistem, mengatur urutan operasi dengan menghasilkan sinyal pengendali dan mengatur serta menghasilkan sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi dari instruksi program. Sedangkan ALU berfungsi mengolah operasi aritmatika dan logika.

b. Memori

Suatu sistem mikrokontroler memerlukan memori sebagai tempat penyimpanan program dan data. Dalam hal ini memori terbagi atas dua jenis, yaitu RAM (*Random Access Memory*) dan ROM (*Read Only Memory*).

RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis, sehingga hanya dapat digunakan sebagai memori data karena akan hilang apabila catu dayanya putus, sedangkan ROM merupakan jenis memori yang hanya dapat dibaca saja dan data di dalamnya tidak akan hilang meskipun catu dayanya terputus, karena itu memori ini cocok untuk menyimpan program.

c. Alamat

Suatu alat apabila hendak difungsikan dengan menggunakan mikrokontroler, maka harus kita tentukan terlebih dahulu alamat (*address*) dari alat tersebut pada mikrokontroler tersebut. Hal ini bertujuan untuk menghindarkan terjadinya dua alat yang bekerja secara bersamaan yang mungkin dapat menyebabkan kerusakan atau kesalahan dalam pengoperasiannya. Kesatuan dari saluran alamat disebut bus alamat.

d. Data

Setiap proses kerja dari dan ke mikrokontroler mempunyai data dalam bentuk bilangan biner yang diperlukan untuk proses kerja tersebut. Data ini merupakan hasil kombinasi dari bit-bit yang dihasilkan dalam pengoperasian komponen-komponen digital. Kesatuan dari saluran data disebut bus data.

e. Pengendali

Mikrokontroler dilengkapi dengan bus pengendali (*control bus*) yang berguna untuk menyerempakkan operasi mikrokontroler dengan operasi rangkaian luar.

f. Masukan/Keluaran (I/O)

Sering juga disebut (Input/Output). Berfungsi untuk melakukan hubungan dengan piranti dari luar sistem. Pada mikrokontroler AT89S51 tersedia dua macam I/O, yaitu UART (data serial) dan PIO (data paralel). UART merupakan alat yang mengubah masukan serial menjadi keluaran paralel dan PIO mengubah masukan paralel menjadi keluaran serial.

g. Special Function Register

Mikrokontroller AT89S51 memiliki register-register internal yang dinamakan dengan special function register (SFR). Ada 21 buah SFR pada mikrokontroller AT89S51 yang terletak pada internal RAM pada alamat memori 80H sampai FFH. Karena register-register SFR terletak pada RAM, maka ke semua register tersebut akan dapat diakses melalui pangalamatan langsung dan beberapa SFR dapat diakses baik melalui pangalamatan bit maupun pangalamatan *byte*. Berikut adalah penjelasan mengenai *special function register* tersebut :

- 1) Program Status Word (PSW)

Program status word adalah sebuah register yang menyimpan status dari proses pada unit aritmatika dan logika (ALU). Untuk menyimpan status tersebut, maka dalam register PSW ini terdapat bit-bit status yang tergambar sebagai berikut :

Nomor Bit :

7	6	5	4	3	2	1	0
CY	AC	F0	RSI	RSO	OV	-	P

CY adalah Carry Flag. AC adalah Auxiliary Carry. F0 adalah Flag 0, RSI dan RSO adalah bit-bit pemilih register bank. OV adalah Over Vlow Flag dan P adalah Parity Flag. Bit satu pada PSW ini tidak digunakan (-). Setiap bit pada register ini berfungsi untuk menunjukkan status dari hasil proses aritmatika dan logika maka register ini disebut juga sebagai register flag.

Berikut ini adalah penjelasan mengenai fungsi dari setiap bit dalam register PSW :

(a) Bit Carry (C)

Bit Carry (bit ke 8) berfungsi ganda, yakni menunjukkan apakah operasi penjumlahan menghasilkan pindahan dari pin 7 (carry) atau pada operasi pengurangan menghasilkan pinjaman (borrow). Selain itu bit ini juga berfungsi sebagai 1 bit register untuk melaksanakan instruksi Boolean.

(b) Bit Auxiliary Carry (AC)

Bit AC adalah bit yang berfungsi untuk menunjukkan adanya pindahan (carry) dari bit 3 menuju bit 4 pada operasi penambahan bilangan BCD.

(c) Bit Flag 0 (F0)

F0 merupakan bit yang dapat dipakai untuk pemakaian serbaguna.

(d) Bit Pemilih Register bank (RSI dan RSO)

RSI dan RSO merupakan bit-bit pemilih register bank mana yang aktif dari empat buah register bank yang tersedia, yakni bank 0, bank 1, bank 2 serta bank 3.

(e) Bit Overflow (OV)

OV merupakan bit yang menunjukkan adanya pindahan (*carry*) atau pinjaman (*borrow*) pada saat dilaksanakan operasi penambahan atau pengurangan bilangan bertanda.

(f) Bit Parity (P)

P merupakan bit yang menunjukkan paritas dari bit-bit didalam *accumulator*. Bit ini akan diset bila bit-bit di dalam *accumulator* memiliki jumlah bit-bit logika tinggi yang ganjil dan direset bila sebaliknya.

2) B Register

Register B ini digunakan bersama *accumulator* untuk melaksanakan operasi pengalian dan pembagian.

3) Stack Pointer

Stack Pointer (SP) adalah register 8 bit yang mengandung alamat dari data yang disimpan pada tumpukan (*stack*) di dalam memori.

4) Data Pointer

Data Pointer (DPTR) adalah register 16 bit yang digunakan untuk mengakses program atau data pada memori eksternal.

5) Port Register

Pada mikrokontroler AT89S51 terdapat 4 buah port register yang berjumlah sama dengan port I/O pada mikrokontroler ini, yaitu port 0, port 1, port 2 dan port 3. Port register tersebut digunakan mengakses keempat port I/O tersebut untuk melaksanakan instruksi penulisan data atau pembacaan data pada port-port I/O tersebut. Namun bila digunakan

memori eksternal maupun fungsi khusus seperti interupsi, port serial, maka port 0, 2 dan 3 tidak dapat diakses melalui port register tersebut.

6) Register Timer

Register timer ini terdiri dari register kontrol timer (TCON) dan register *timer code* (TMOD) yang berfungsi untuk mengontrol dan mengatur mode operasi dari tiga buah timer/ counter 16 bit di dalam mikrokontroler AT89S51.

7) Register Port Serial

Register ini terdiri dari register *serial data buffer* (SBUF) yang berfungsi untuk menerima dan mengeluarkan data serial, serta register kontrol port serial (SCON) untuk mengatur mode pemindahan dan penerimaan data serial.

8) Register Interupsi

Register ini terdiri dari register *interrupt enable* (IE) yang berfungsi mengaktifkan dan menonaktifkan suatu sinyal interupsi, serta register *interrupt priority* yang berfungsi untuk mengontrol prioritas sinyal-sinyal interupsi.

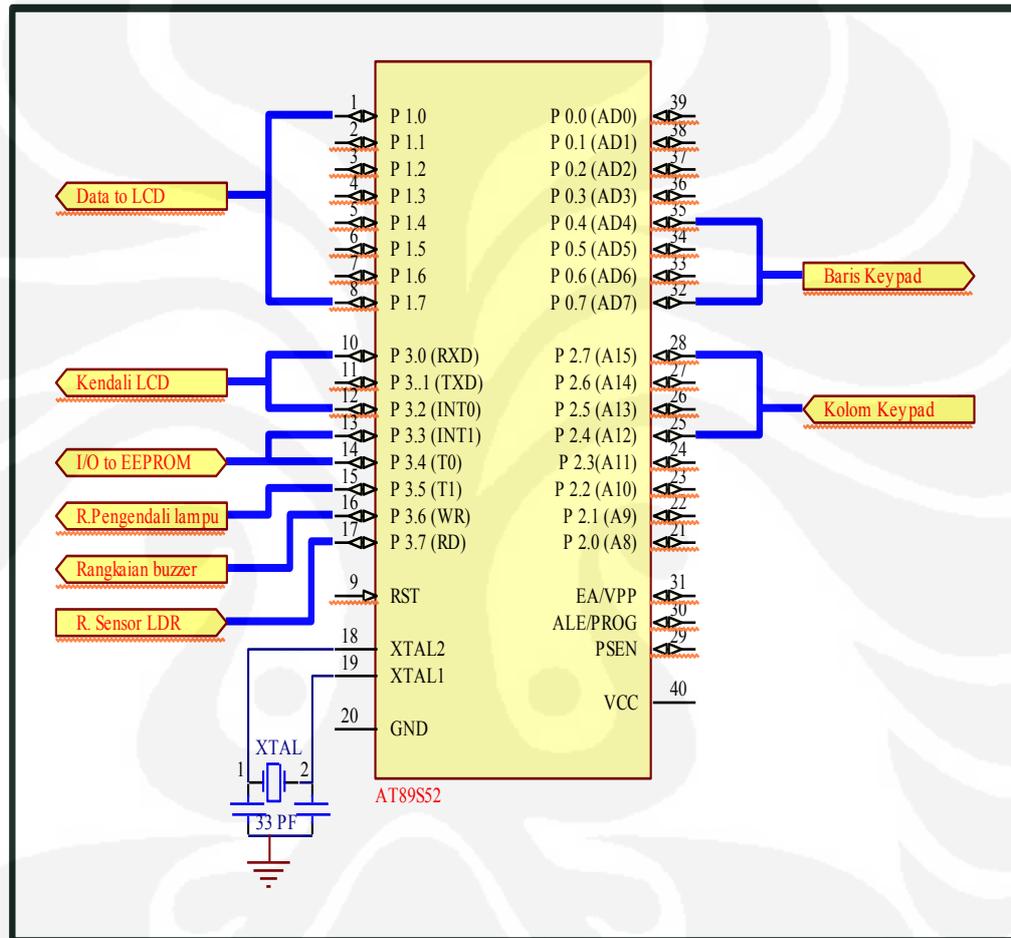
9) Register Power Control (PCON)

Register ini berfungsi untuk mengontrol kondisi dari mikrokontroler apakah mikrokontroler akan berada pada mode *power down* dan mode *idle*. Selain itu register ini juga digunakan untuk mengalirkan *brandrate* dari timer 1 ketika port serial digunakan dalam mode 1, 2 dan 3.

3.2.1.2. Perancangan Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

Pada Gambar 3.3 ditunjukkan ditunjukkan perancangan input dan output mikrokontroler AT89S51. Mikrokontroler AT89S51 memiliki 40 kaki yang masing-masing memiliki fungsi sendiri-sendiri. Port 1.0 – port 1.7 digunakan untuk mengirimkan data ke LCD. Port 3.0 dan port 3.2 digunakan untuk kendali LCD. Port 3.3 dan 3.4 difungsikan untuk jalur input dan output ke EEPROM. Port 3.5 sebagai input ke rangkaian pengendali lampu, port 3.6

digunakan ke pengendali rangkaian *buzzer*. Sensor LDR memberikan output ke mikrokontroler melalui port 3.7. Baris *keypad* dikendalikan melalui port 0.4 – port 0.7, sedangkan kolom *keypad* melalui port 2.4 – port 2.7. frekuensi detak yang digunakan diperoleh dari oscillator 12 MHz melalui kaki 18 dan 19. Suply tegangan Vcc diberikan melalui kaki 40, sedangkan Ground melalui kaki 20.



Gambar 3.3 Input dan output Mikrokontroler AT89S51

Pada Tabel 3.1 penggunaan kaki-kaki mikrokontroler. Untuk menampilkan semua informasi pada alat penulis menggunakan LCD sebagai display, dan menggunakan (P1.0 – P1.7) sebagai output untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada LCD, sedangkan untuk kendali LCD sendiri digunakan (P3.0 – P3.2). Untuk jalur input dan output data ke IC EEPROM digunakan (P3.3 – P3.4), untuk rangkaian pengendali lampu infra merah menggunakan (P3.5). Pada rangkaian *buzzernya* digunakan (P3.6), input dari

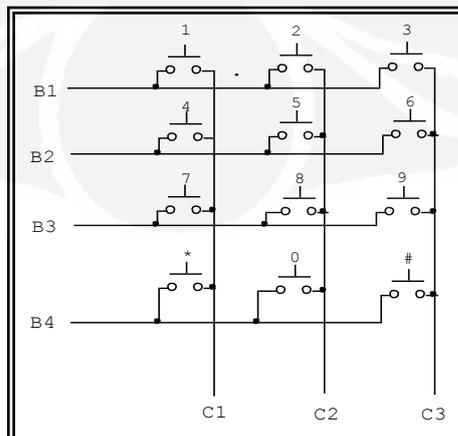
rangkaian sensor LDR digunakan (P3.7), untuk baris pada *keypad* dihubungkan dengan (P0.4 – P0.7), sedangkan kolom pada *keypad* dihubungkan dengan (P2.4 – P2.7).

Tabel 3.1 Rencana Input dan Output Mikrokontroller

Mikrokontroller	Keterangan
Port 1.0 – Port 1.7	Output data ke LCD (16 x 2)
Port 3.0 – Port 3.2	Kendali LCD
Port 3.3 – Port 3.4	I/O data EEPROM
Port 3.5	Rangkaian pengendali Lampu Infrared
Port 3.6	Kendali rangkaian buzzer
Port 3.7	Input dari rangkaian sensor LDR
Port 0.4 – Port 0.7	Output ke baris pada keypad
Port 2.4 – Port 2.7	Input dari column keypad

3.2.2. Perancangan Rangkaian Tombol Pengaturan (*keypad*)

Pada rangkaian keypad terdiri dari kolom dan baris yang akan terhubung jika ada salah satu tombol yang ditekan, dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5. Pada gambar 3.4 apabila kita menekan salah satu tombol maka antara kolom dan baris akan saling berhubungan. Misalnya pada tombol satu ditekan maka pada kolom satu dan baris satu akan saling berhubungan. Disini *keypad* berfungsi untuk memberikan masukan data dalam pada mikrokontroller, yang berfungsi sebagai penentuan waktu yang dipakai dalam penyinaran.



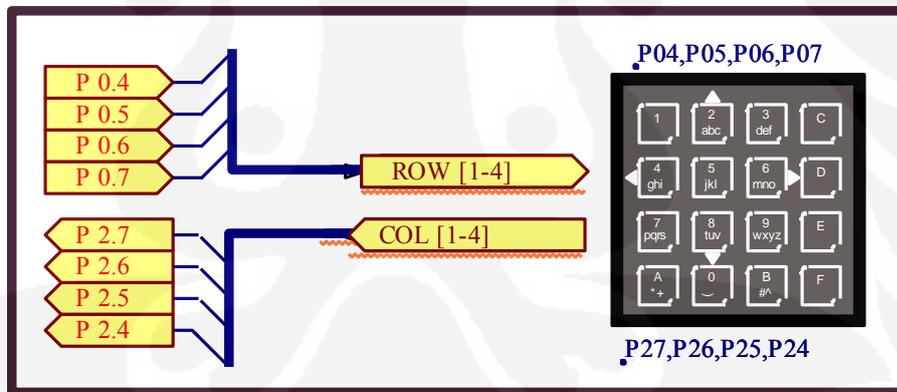
Gambar 3.4 Konstruksi keypad 3 x 4



Gambar 3.5 Bentuk fisik keypad

Dari tombol keypad pada alat terapi infra merah ini dapat melakukan beberapa pengaturan, diantaranya :

1. Tombol pemilihan timer
2. Tombol *work hour*
3. Tombol start dan tombol stop



Gambar 3.6 Rangkaian Keypad

Pada Gambar 3.6 ditunjukkan baris 1 sampai dengan 4 pada keypad berturut turut dihubungkan dengan port 0.4 sampai dengan port 0.7, sedangkan kolom pada keypad dihubungkan dengan port 2.4 sampai dengan port 2.7.

Tombol *Timer* berfungsi untuk mengatur berapa lama waktu yang ingin digunakan untuk menyalakan lampu infra merah. Tombol *work hour* digunakan untuk melihat berapa lama waktu yang sudah digunakan untuk

menyalakan lampu, sedangkan tombol start dan stop berfungsi untuk memulai proses penyinaran dan menghentikan penyinaran.

3.2.3 Perancangan Rangkaian Tampilan/*display*

Tersedia beragam ukuran LCD, mulai dari 1 baris kali 16 karakter sampai 4 baris kali 24 karakter. Setiap karakter terdiri dari 5x8 atau 5x10 titik, sehingga yang dapat ditampilkan bukan hanya angka desimal, tetapi juga huruf latin dan lambang lainnya termasuk beberapa huruf kanji.

Untuk berkomunikasi dengan modul LCD ini, mikrokontroller hanya membutuhkan 7 atau 11 pin input/output, berapapun ukuran LCDnya.

Tabel 3.2 memperlihatkan fungsi pin pada konektor antara LCD dengan sistem prosesor. Kolom pertama adalah nomor pin pada konektor tsb, kolom kedua adalah simbol atau nama pin tsb, kolom ketiga adalah level digital untuk mengaktifkannya, yaitu 0 atau LOW, 1 atau HIGH dan 1 → 0 atau peralihan dari HIGH ke LOW. Kolom keempat adalah arah komunikasi, yaitu sebagai Input, Output atau Bidirectional (dua arah). Sedangkan kolom kelima adalah keterangan fungsi pin tsb.

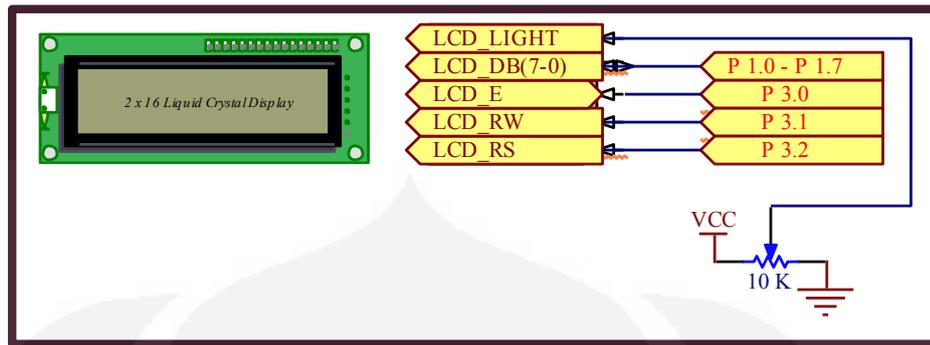
Dari 14 pin tsb, 8-pin di antaranya digunakan untuk menerima dan mengirimkan data dari dan ke LCD, yaitu pin DB0 – DB7. Sedangkan 3-pin lainnya digunakan untuk kendali operasi. Pin RS digunakan oleh sistem prosesor untuk memberi tahu LCD, apakah informasi biner yang diletakkan di DB0 – DB7 merupakan instruksi atau data. Jika RS = LOW, berarti informasi biner tersebut adalah instruksi, tetapi jika RS = HIGH berarti informasi biner tersebut adalah data. Pin R/W digunakan oleh sistem prosesor untuk memberitahu LCD, apakah prosesor ingin mengirim (R/W = LOW) atau membaca (R/W = HIGH) data dari LCD. Pin E digunakan oleh sistem prosesor untuk memberitahu LCD agar mulai memproses sinyal yang diberikan oleh prosesor, ditandai dengan peralihan kondisi pin E dari HIGH menjadi LOW.

Tabel 3.2 Fungsi pin konektor LCD

1	2	3	4	5
Pin number	Symbol	Level	I/O	Function
1	Vss	-	-	Power supply (GND)
2	Vcc	-	-	Power supply (+5V)
3	Vee	-	-	Contrast adjust
4	RS	0/1	I	0 = Instruction input 1 = Data input
5	R/W	0/1	I	0 = Write to LCD module 1 = Read from LCD module
6	E	1, 1->0	I	Enable signal
7	DB0	0/1	I/O	Data bus line 0 (LSB)
8	DB1	0/1	I/O	Data bus line 1
9	DB2	0/1	I/O	Data bus line 2
10	DB3	0/1	I/O	Data bus line 3
11	DB4	0/1	I/O	Data bus line 4
12	DB5	0/1	I/O	Data bus line 5
13	DB6	0/1	I/O	Data bus line 6
14	DB7	0/1	I/O	Data bus line 7 (MSB)

Khusus untuk pin DB7, selain untuk transfer informasi biner, pin ini juga dapat berfungsi untuk memberitahu sistem prosesor bahwa LCD masih sibuk, belum siap menerima instruksi berikutnya. Jika prosesor mengirimkan perintah „Get LCD status’, maka setelah itu prosesor harus menunggu kabar dari pin DB7, jika DB7 = LOW berarti LCD tidak dalam keadaan sibuk, siap menerima perintah atau data berikutnya.

Pada perancangan ini, LCD digunakan sebagai tampilan informasi yang berhubungan dengan kinerja alat terapi infra merah. Perancangan rangkaiannya ditunjukkan oleh Gambar 3.7. Pada rangkaian LCD ini juga terdapat potensiometer yang fungsinya untuk mengatur terang gelapnya backlight dari LCD, digunakan $V_r = 10\text{ K}\Omega$. Untuk data pada LCD digunakan port 1.0 – port 1.7, LCD_E digunakan port 3.0, RS digunakan port 3.1, dan RW digunakan port 3.2.



Gambar 3.7 Rangkaian LCD

Pada rangkaian display *LCD* ini berfungsi untuk mengetahui waktu yang di atur dan waktu *actual* yang sedang berjalan, serta menampilkan berapa lama waktu (umur lampu) yang telah terpakai. Pada alat terapi infra merah ini terdapat 2 pilihan pada display utama saat alat dihidupkan, yaitu tampilan A = timer dan D = *work hour*. Yang pertama display *timer* : jika kita menekan tombol A pada *keypad*, maka secara otomatis tampilan pada LCD akan berubah dan kita diminta untuk memasukkan berapa lama waktu yang kita inginkan untuk menyalakan lampu / biarkan terisi dengan 00:00 jika kita menginginkan menghidupkan lampu tanpa mengatur lamanya waktu penyinaran (manual). Jika sudah di atur waktu yang diinginkan, tekan tombol # untuk *enter* atau tekan tombol B untuk kembali ke menu sebelumnya . dan tekan tombol A untuk menjalankan timer. Tombol A ditekan lampu akan menyala dan timer akan *step up* sampai waktu yang kita atur = dengan waktu aktual maka lampu akan mati. Atau tekan tombol B untuk mematikan lampu.

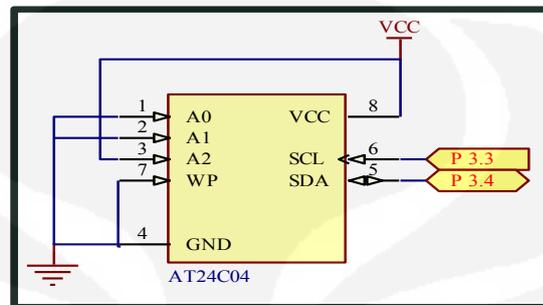
Tombol D = *work hour*, jika tombol ini ditekan pada saat tampilan utama display muncul, maka display LCD akan menampilkan informasi berapa lama waktu yang telah dipakai untuk menyalakan lampu infrared dalam satuan menit. Tampilan akan berlangsung selama 5 detik, dan akan kembali otomatis setelah 5 detik ke menu utama LCD.

3.2.4 Perancangan Rangkaian EEPROM

Untuk dapat menyimpan data *work hour* dari lampu perlu dibuat sebuah rangkaian yang fungsinya dapat menyimpan data dan dapat mengeluarkan data secara permanen (data tidak hilang meskipun catu daya tidak diberikan), untuk itu digunakan EEPROM serial dengan jenis IC AT24C04. IC AT24C04

digunakan pada perancangan rangkaian ini karena IC ini dapat digunakan untuk menyimpan data 4 Mbit, ekonomis dan mudah untuk dioperasikan.

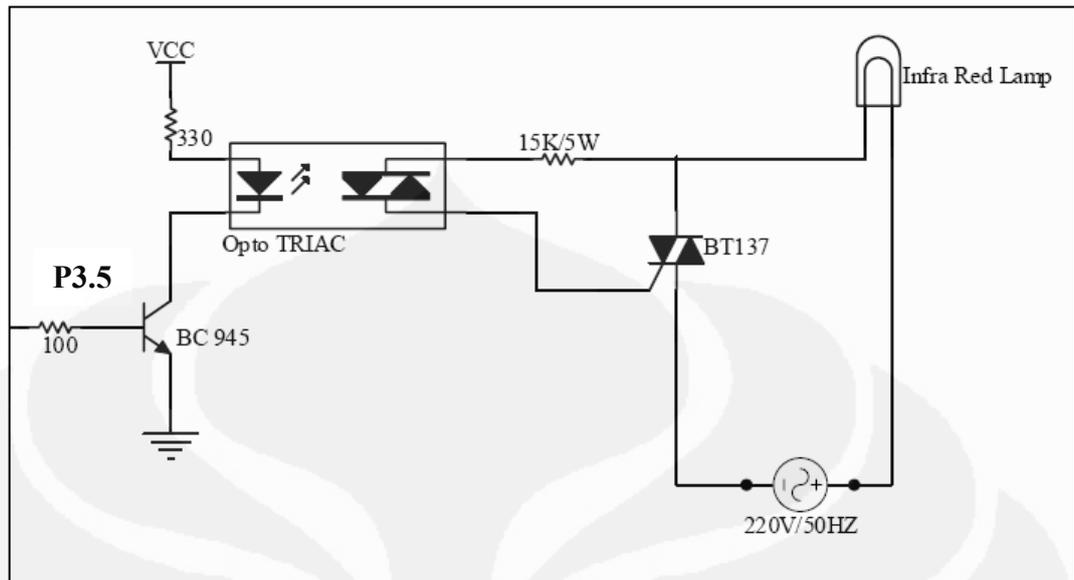
Pada rangkaian EEPROM ini IC dihubungkan ke mikrokontroller pada port 3.3 untuk Serial Clock dan port 3.4 untuk serial data. Rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian EEPROM

3.2.5 Perancangan Rangkaian Pengendali Kerja Lampu

Agar kerja dari lampu infrared dapat dikendalikan oleh mikrokontroller diperlukan rangkaian tambahan yang input kendalinya dihubungkan langsung dengan port pada mikrokontroller. Gambar 3.9 ditunjukkan perancangan rangkaian pengendali kerja lampu. Pada rangkaian ini, digunakan transistor sebagai saklar yang dihubungkan dengan port 3.5 yang berfungsi untuk mengendalikan kerja dari optotriac MOC 3021. Rangkaian ini menggunakan optotriac karena memiliki tidak memiliki resiko mekanik dibandingkan dengan penggunaan saklar AC seperti relay. Apabila mikrokontroller memberikan sinyal *low* pada kaki basis transistor, maka transistor berfungsi sebagai saklar terbuka, dan sebaliknya jika mikrokontroller memberikan sinyal *high* maka transistor berfungsi sebagai saklar tertutup dan MOC akan bekerja.

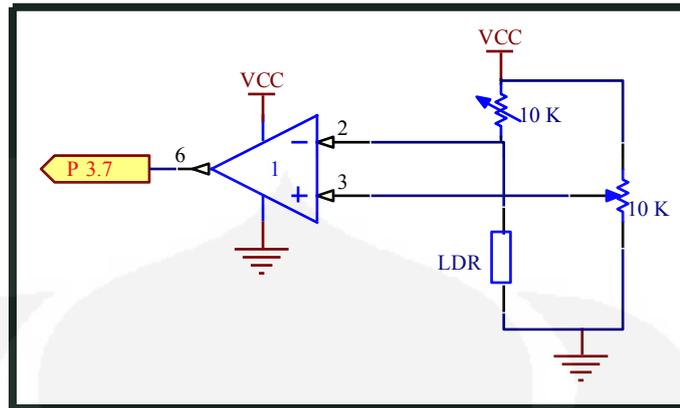


Gambar 3.9 Rangkaian pengendali kerja lampu

Saat MOC bekerja, maka secara otomatis sinyal AC akan masuk ke kaki gate pada TRIAC, akibatnya triac akan *ON*, secara otomatis sinyal AC akan mengalir ke lampu dan lampu akan menyala. Lampu akan mati ketika kaki gate sudah tidak mendapat trigger lagi, itu terjadi ketika mikro memberikan sinyal *low* ke kaki basis transistor, akibatnya transistor dalam keadaan terbuka dan optotriac akan *off*.

3.2.6 Perancangan Rangkaian Sensor LDR

Sensor LDR digunakan untuk menghindari kesalahan kerja timer tanpa menyalanya lampu, digunakan sensor LDR (seperti ditunjukkan pada gambar 3.10) guna mengecek apakah lampu menyala saat timer akan mulai menghitung naik. Jika lampu tidak menyala saat timer akan mulai menghitung, maka timer tidak akan berjalan dan pada LCD akan muncul pesan *error* “*Lamp Error*”.



Gambar 3.10 Rangkaian Sensor LDR

Pada rangkaian 3.10 terdapat dua buah VR (diatur 28K Ω) dan LDR sebagai rangkaian pembagi tegangan, dimana perubahan nilai hambatan dari LDR akan mempengaruhi tegangan yang masuk ke dalam rangkaian comparator (inverting). Perubahan nilai resistansi LDR dipengaruhi oleh cahaya yang ditangkap, semakin tinggi intensitas cahaya yang ditangkap, maka nilai resistansinya akan berkurang, begitupun sebaliknya. Maka dapat dihitung nilai tegangan yang masuk ke kaki inverting :

$$V_{in (-)} = \frac{LDR}{28 K + LDR} (VCC) \dots\dots\dots(3.1)$$

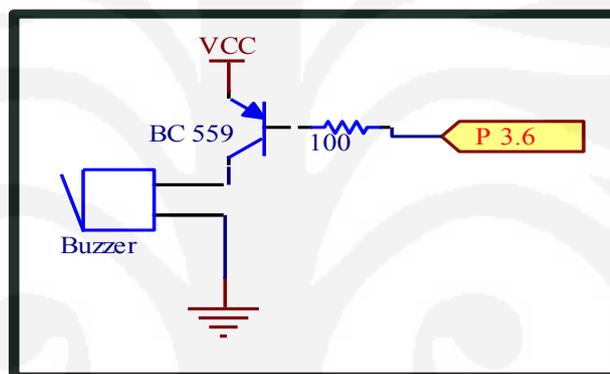
Masukan *non-inverting* pada *comparator* di dapat dari VR 10K Ω , tegangan pada kaki *non-inverting* ini dapat di atur dengan cara memutar nilai VR tersebut yang diatur nilai tegangannya pada 3,6 Volt.

Masukan inverting diperoleh dari pembagi tegangan antara VR dan LDR. Perubahan nilai tegangan ini akan dibandingkan dengan masukan dari kaki non inverting. Jika tegangan di kaki inverting lebih besar daripada non inverting, maka output op amp akan mengeluarkan sinyal/tegangan saturasi negatif. Sedangkan bila tegangan pada kaki inverting lebih kecil daripada non inverting, maka output dari op amp akan mengeluarkan sinyal/tegangan saturasi positif. Selanjutnya output dari op amp akan masuk ke port 3.7 pada mikrokontroller untuk mendeteksi apakah saat rangkaian pengendali lampu diberikan sinyal *high* untuk menyalakan lampu, lampu infra merah akan menyala.

3.2.7 Rangkaian *Buzzer*

Buzzer digunakan sebagai indikator bahwa proses terapi telah selesai dilakukan. Informasi ini penting untuk operator agar dapat segera melanjutkan proses terapi yang lain setelah proses terapi infra merah selesai. Digunakan *buzzer* pada perancangan ini karena *buzzer* lebih ekonomis dan mudah untuk dioperasikan.

Buzzer akan bekerja setelah di dapat waktu aktual = dengan waktu yang di set, atau di tekan tombol *OFF* saat lampu sedang menyala, maka *buzzer* akan berbunyi, yang menandakan bahwa lampu mati / timer berhenti mencacah naik. Rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 3.11.



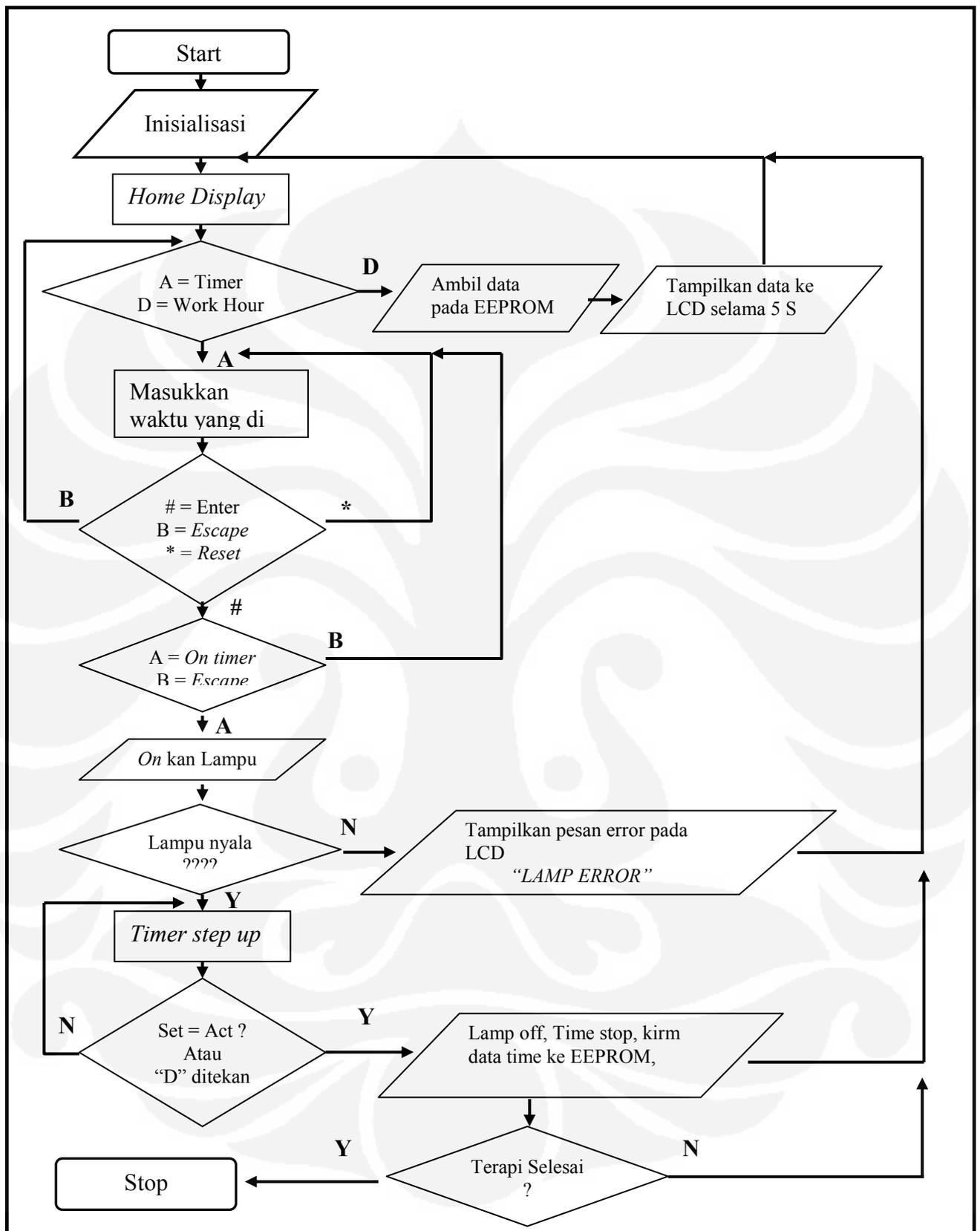
Gambar 3.11 Rangkaian *Buzzer*

Jika kaki basis pada transistor mendapatkan sinyal *high*, maka transistor akan berfungsi sebagai saklar terbuka, dan *buzzer* akan *off*. Sedangkan bila kaki basis pada transistor mendapatka sinyal *low*, maka transistor akan berfungsi sebagai saklar tertutup, sehingga tegangan arus pada VCC akan mengalir ke kaki *buzzer* dan *buzzer* akan berbunyi.

3.3. Perancangan *Software*/Perangkat Lunak

3.3.1 Program Perangkat Lunak

Dalam pembuatan modul ini, pembuatan program digunakan bahasa assembly Mikrokontroler MCS-51 untuk mengisi IC AT89S51. Program berfungsi untuk mengendalikan sistem kerja alat. Sebelum merancang perangkat lunak, terlebih dahulu melakukan perencanaan dengan membuat *flow chart* (diagram alur) seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Diagram alur alat terapi infra merah

Keterangan diagram alur :

Alat dihubungkan ke PLN dan tombol switch *On/Off* ditekan maka mikrokontroler mulai membaca data yang telah dimasukan pada alamat yang sudah ditentukan programmer. Saat awal program berjalan, mikrokontroler akan melakukan inisialisasi mengenali alamat – alamat dan register yang digunakan dalam pembuatan program. Setelah inisialisasi kemudian dilanjutkan dengan munculnya tampilah *work hour* beberapa detik seperti layaknya *welcome screen* pada layar *hand phone*. Setelah selesai dilanjutkan dengan tampilnya *home display* (tampilan utama) pada layar LCD, yang meminta kita untuk memilih menekan tombol A atau D.

Jika kita menekan tombol D, maka mikrokontroler akan mengambil data *work hour* dari IC EEPROM dan datanya akan ditampilkan ke layar LCD selama 5 detik. Setelah 5 detik tampilan *work hour* akan kembali kembali ke *home display*.

Jika tombol A ditekan, maka mikrokontroler akan mengubah tampilan pada LCD dan diminta untuk memasukkan berapa lama waktu yang ingin kita atur untuk menyalakan lampu, atau biarkan terisi 00:00 jika diinginkan timer beroperasi secara manual (tanpa waktu yang di atur). Selanjutnya mikrokontroler akan menanyakan beberapa hal, yaitu :

- apakah tombol # = *enter* ditekan? Jika ya, maka program dilanjutkan ke langkah dimana kita harus menekan Tombol A untuk mulai menghidupkan dan menjalankan timer.
- Apakah tombol * = *reset* ditekan? Jika ya, maka timer yang tadi sudah kita atur akan kembali lagi ke 00:00.
- Apakah tombol B = *escape* ditekan? Jika ya, maka tampilan pada layar LCD akan kembali ke tampilan sebelumnya.

Saat tombol # ditekan, mikrokontroler akan menanyakan kembali untuk menjalankan timer kita harus menekan tombol A, jika kita ingin kembali ke menu sebelumnya kita harus menekan tombol B. Saat tombol A ditekan, maka secara otomatis mikrokontroler akan menyalakan lampu, diikuti dengan pertanyaan ke bagian sensor LDR apakah lampu menyala atau tidak.

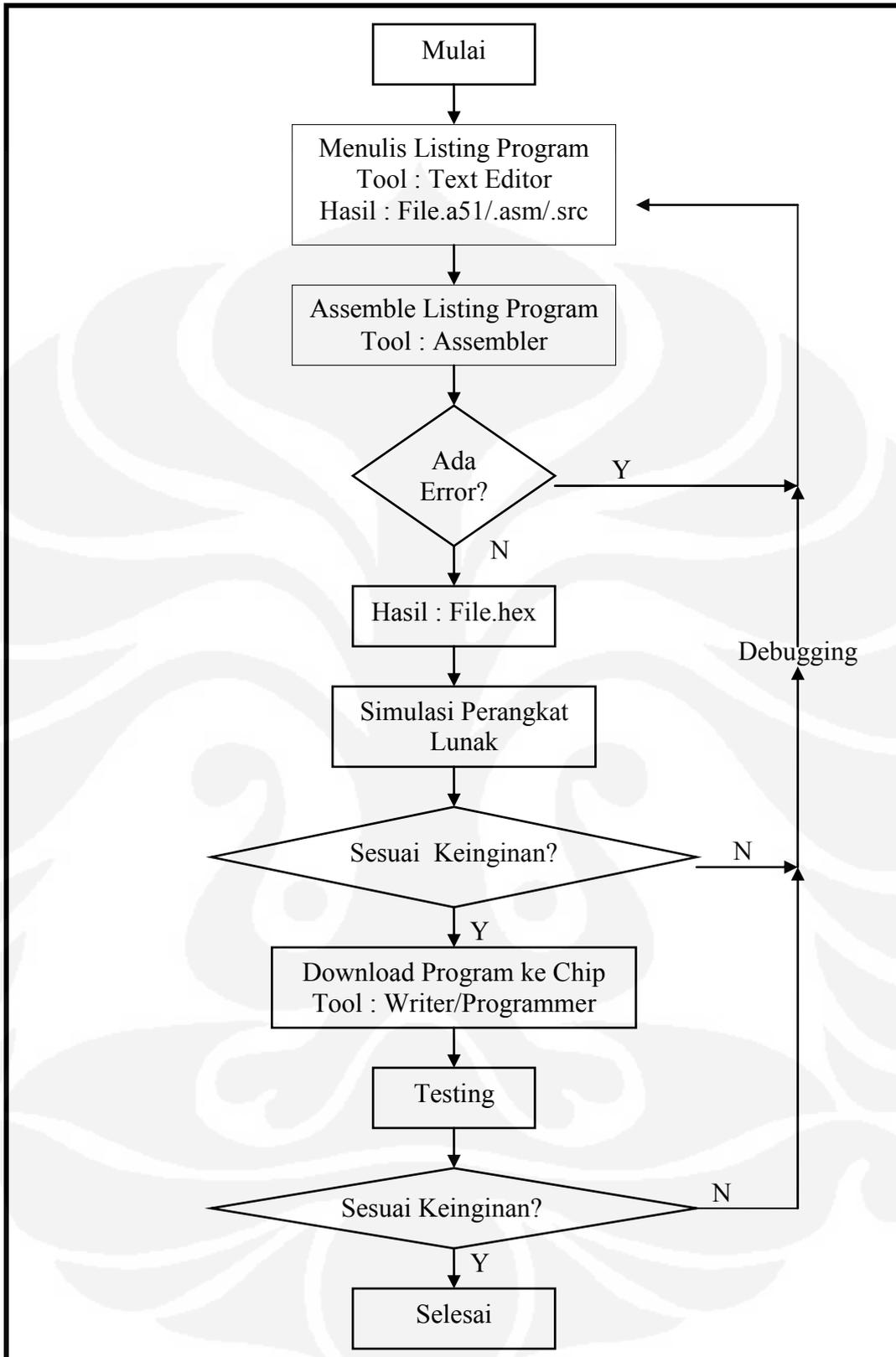
Jika lampu menyala, perintah dapat dilanjutkan dengan mulai mencacah naik *timer*. Jika lampu tidak menyala, maka mikrokontroller akan menampilkan pesan “*Lamp Error*” pada layar LCD dan program akan kembali ke awal, tampilan LCD kembali ke *Home Display*.

Saat lampu menyala, dan sensor LDR memberikan informasi bahwa lampu menyala, timer mencacah naik. Lampu akan *Off* secara otomatis saat $Time Actual = Time Setting$, atau saat timer mencacah naik tombol D ditekan. Selanjutnya buzzer akan berbunyi, lampu infra merah *off*, timer berhenti menghitung, dan mikrokontroller mengirim data time tersebut ke IC EEPROM untuk *Update Work Hour*. Program akan kembali ke awal, dan tampilan LCD menampilkan *Home Display*.

3.3.2 Perangkat lunak pendukung yang digunakan

Pembuatan program mikrokontroler biasanya melalui beberapa tahapan. Pertama adalah membuat source programnya, dengan bahasa pemrograman yang dikuasai. Jika bahasa yang digunakan adalah bahasa C, Pascal atau Basic maka source program di-compile ke bahasa mesin oleh suatu program compiler.

Hasil program dapat di ujicoba terlebih dahulu yaitu secara simulasi perangkat lunak. Dengan simulasi perangkat lunak maka programmer dapat melihat hasil program melalui simulasi komputer. Bila hasil hubungan masukan-keluaran ternyata tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka dapat dilakukan debugging untuk mencari letak kesalahan program. Apabila telah siap, program dapat di write ke memori mikrokontroler. Berikut ini adalah bagan tahapan pemrograman (pada gambar 3.13).



Gambar 3.13 Bagan Tahapan Pembuatan Program

BAB IV

PENGUJIAN RANCANGAN

ALAT TERAPI INFRA MERAH

Setelah menyelesaikan perencanaan alat pada Bab III, selanjutnya dilakukan persiapan alat dan komponen guna menguji perancangan alat terapi sinar infra merah.

Pengujian alat ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu pengujian bagian-bagian dari sistem serta pengujian sistem gabungan dari rangkaian bagian-bagian tersebut secara keseluruhan.

4.1 Persiapan Alat dan Komponen

Beberapa alat pendukung yang dipergunakan dalam melaksanakan pendataan adalah sebagai berikut :

1. Multitester Analog
Merk : Cadik
Model : Cadik 32B
2. Power Supply dengan keluaran +5V terhadap ground, digunakan untuk memberi catu daya pada rangkaian.
3. Lampu: Infraphil Philips 150 watt, Tipe PAR38.
4. Stopwatch : Sport Timer, Tipe GT-26, digunakan untuk pembandingan waktu sebenarnya terhadap nilai *Timer* dan *Work Hour* pada alat terapi infra merah.
5. Modul rangkaian Perancangan Alat Terapi Infra Merah Berbasis Mikrokontroler AT89S51.
6. Thermometer tubuh : Accurate ,Sk Normal Glass.

Sedangkan komponen-komponen yang dibutuhkan berupa komponen-komponen elektronik yang telah dijelaskan pada perancangan rangkaian Bab III terdahulu.

4.2 Metode Pendataan

Untuk mempermudah pengujian rangkaian alat terapi infra merah, digunakan beberapa Titik Pengukuran (TP). Pendataan dilakukan dengan mengamati apa yang terjadi dengan beberapa buah titik pengukuran (TP) yaitu sebagai berikut :

TP 1 : rangkaian pengendali lampu

TP 2 : keluaran dari IC AT89S51 ke rangkaian Buzzer

TP 3 : keluaran dari kaki output op amp ke IC AT 89S51

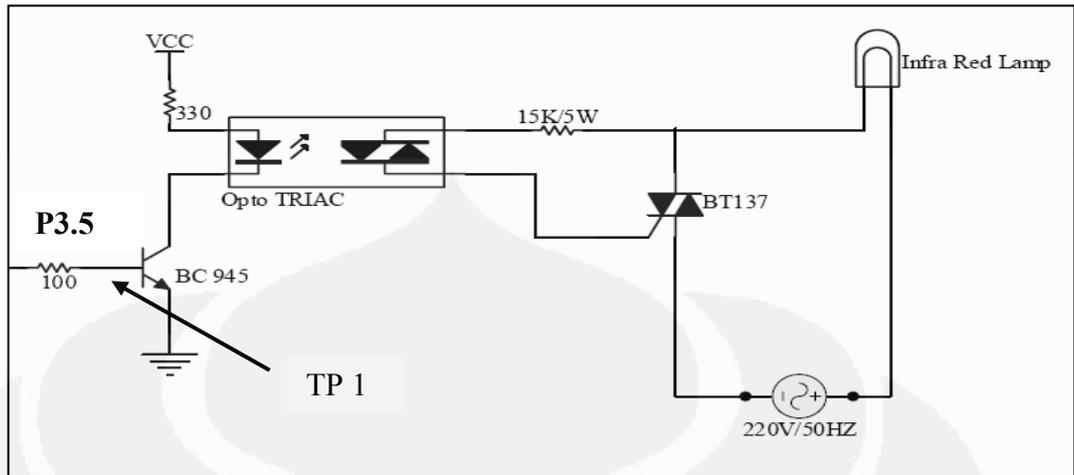
4.3 Pengujian Bagian-Bagian Sistem

4.3.1 Pengujian rangkaian pengendali lampu

Rangkaian pengendali lampu digunakan untuk mengendalikan nyala atau mati lampu infra merah. Pengendali utama alat terapi ini adalah mikrokontroler AT89S51 yang berisi perangkat lunak. Rangkaian pengendali lampu terhubung dengan mikro melalui port 3.5 yang kontrolnya dilewatkan melalui transistor BC945. Sinyal *high* diberikan dengan memberikan logika 1 pada transistor BC945 yang akan mentrigger basis sehingga transistor akan bersifat sebagai saklar tertutup dan lampu akan menyala. Sebaliknya jika mikro memberikan sinyal *low* atau logika 0 maka transistor akan bersifat sebagai saklar terbuka sehingga lampu akan mati.

Pengujian pada rangkaian ini dilakukan pada TP1 yang berada pada basis transistor BC945 yang merupakan output dari mikrokontroler, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah nyala dan mati lampu dapat dikontrol oleh mikrokontroler AT89S51.

Alat yang digunakan dalam pengukuran ini adalah power supply DC +5V dan GND, dilakukan dalam 2 keadaan, pertama dengan memberikan tegangan Gnd pada TP1, dan kedua dengan memberikan tegangan Vcc Pada TP1.



Gambar 4.1 Rangkaian Pengendali Lampu

Tabel 4.1 Data uji TP 1

<i>Supply</i>	Lampu Infra Merah	
	Teori	Praktek
<i>Gnd</i>	Mati	Mati
<i>Vcc</i>	Menyala	Menyala

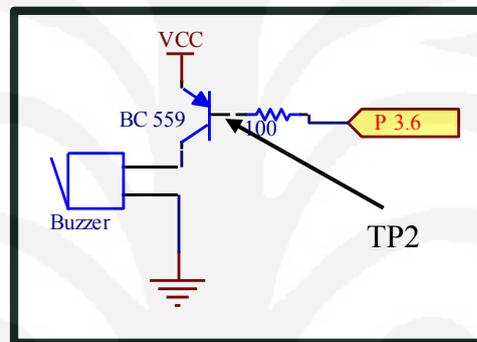
Pada Tabel 4.1 ditunjukkan data hasil uji TP1, dimana pemberian tegangan *Gnd* akan mengakibatkan Lampu mati. Sebaliknya, jika diberikan tegangan *Vcc* maka lampu akan menyala. Dari hasil pengujian ditunjukkan bahwa rangkaian pengendali lampu dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

4.3.2 Pengujian Rangkaian Buzzer

Buzzer digunakan sebagai indikator bahwa proses terapi telah selesai dilakukan. Informasi ini penting untuk operator agar dapat segera melanjutkan proses terapi yang lain setelah proses terapi infra merah selesai. Rangkaian ini dikontrol oleh sinyal dari mikrokontroler pada port 3.6. Pengujian rangkaian ini dilakukan pada TP2 yang diletakkan pada kaki basis transistor BC559 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Jika mikrokontroler memberikan

sinyal *high* maka transistor akan bersifat sebagai saklar terbuka sehingga *buzzer* mati. Sebaliknya jika mikrokontroller memberikan sinyal *low* maka transistor akan bersifat sebagai saklar tertutup sehingga *buzzer* akan berbunyi. Pengujian rangkaian ini bertujuan untuk mengetahui apakah saat mikrokontroller memberikan sinyal *low* yang menandakan *timer* berhenti bekerja maka *buzzer* akan berbunyi.

Alat yang digunakan dalam pengukuran ini adalah power supply DC +5V dan GND, dilakukan dalam 2 keadaan, pertama dengan memberikan tegangan Gnd pada TP2, dan kedua dengan memberikan tegangan Vcc Pada TP1.



Gambar 4.2 Rangkaian *Buzzer*

Tabel 4.2 Data uji rangkaian *Buzzer*

<i>TP2</i>	<i>Buzzer</i>	
	Teori	Praktek
<i>Gnd</i>	Aktif	Aktif
<i>Vcc</i>	Mati	Mati

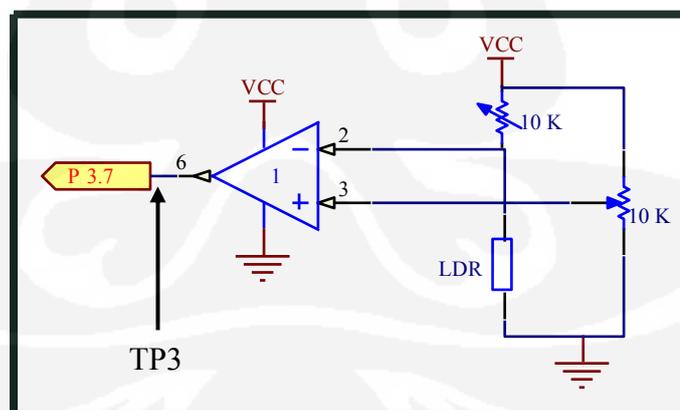
Dari Tabel 4.2 ditunjukkan bahwa TP2 yang diberi tegangan *Gnd* akan mengaktifkan *buzzer* dan sebaliknya jika TP2 diberi tegangan *Vcc* maka *buzzer* akan mati atau tidak aktif.

Dari hasil pengujian, dapat ditunjukkan bahwa rangkaian *Buzzer* dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

4.3.3 Pengujian Rangkaian Sensor

Rangkaian sensor digunakan untuk mengecek apakah lampu telah menyala ketika *timer* akan dijalankan. Jika *timer* telah diatur dan tombol *Start* ditekan maka sensor akan mengecek apakah lampu telah menyala. Jika lampu menyala maka *timer* akan menghitung naik dan sebaliknya jika lampu tidak menyala maka akan terlihat pesan pada LCD bahwa lampu tidak menyala dan *timer* tidak akan menghitung naik. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari terjadinya kesalahan kerja *timer* tanpa menyalanya lampu. Sensor yang digunakan adalah LDR, yang akan memberikan sinyal masukan ke port 3.7 mikrokontroller. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor LDR dapat memberikan sinyal masukan ke mikrokontroller sesuai dengan kondisi nyala atau mati lampu infra merah. Pengujian dilakukan dengan mengukur TP 3 pada port 3.7 mikokontroller seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3.

Alat yang digunakan dalam pengukuran ini adalah avometer digital, caranya adalah dengan menghubungkan lead positif AVO output pada IC op amp dan lead negative ke ground. Setelah diamati tegangan yang terbaca pada AVO dicatat pada tabel yang telah disediakan. Pengujian dilakukan dalam 2 keadaan, pertama saat lampu *Off*, dan kedua saat lampu *On*.



Gambar 4.3 Rangkaian Sensor

Pada Tabel 4.3 ditunjukkan bahwa TP3 akan mengeluarkan tegangan *high* ketika lampu *On* dan TP3 akan mengeluarkan tegangan Low ketika lampu *Off*.

Dari hasil pengukuran yang di dapat, maka dapat ditunjukkan bahwa rangkaian sensor dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Tabel 4.3 Data uji rangkaian Sensor

Lampu	Pengukuran	
	Teori	Praktek
<i>Off</i>	0 Volt	0.03 Volt
<i>On</i>	+ saturasi (4.5 Volt)	3.25 Volt

4.4 Pengujian Sistem

Pada bagian ini pengujian dilakukan dengan menggabungkan semua rangkaian sub-sistem yang terdapat pada diagram blok rangkaian alat terapi infra merah pada Gambar 3.2. Rangkaian sub-sistem tersebut terdiri dari rangkaian pengendali kerja lampu, rangkaian sensor LDR, rangkaian *Buzzer*, rangkaian EEPROM, rangkaian display LCD, dan rangkaian mikrokontroler AT89S51. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah keseluruhan sistem telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan yaitu agar nyala lampu sesuai dengan waktu yang telah ditentukan, serta penyimpan lama pemakaian lampu berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap berikut ini.

4.4.1 Uji Fungsi *Timer*

Uji fungsi *timer* berfungsi untuk mengukur apakah waktu berjalan sesuai dengan yang ditentukan. Dalam hal ini dilakukan pengujian dengan menyalakan lampu dengan waktu maksimal yang diperbolehkan pada terapi pada umumnya yaitu selama 30 menit. Sebagai pembanding digunakan sebuah stopwatch (Merk Sport timer, tipe GT-26). Data hasil uji fungsi ini disajikan pada Tabel lampiran 2.

Dari hasil pengujian ditunjukkan bahwa terdapat selisih waktu antara penunjukkan stopwatch dan *timer* alat terapi infra merah. Selisih waktu

tersebut cenderung meningkat seiring dengan semakin lama proses terapi. Pada menit ke-30 dari proses terapi waktu yang ditunjukkan oleh stopwatch lebih cepat 6 detik dibanding penunjukkan *timer* pada alat terapi. Dari sudut pandang terapi, kondisi ini masih dapat ditoleransi karena tidak menghasilkan efek terapi yang berbahaya.

4.4.2 Uji Fungsi pencatatan *Work Hour*

Work Hour digunakan sebagai penyimpan data lama pemakaian lampu yang tidak akan hilang meskipun catu daya telah dimatikan. Data lama pemakaian lampu ditampilkan pada LCD. Selanjutnya dilakukan pengujian *Work Hour* sebanyak tiga kali dengan lama waktu berdasarkan lama terapi yang umum dilakukan yaitu, selama 15 menit, 25 menit dan 30 menit proses terapi. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah alat terapi dapat menyimpan waktu terapi yang telah dilakukan.

Cara menguji :

Sesuai dengan alur pengoperasian alat yang ditunjukkan pada Gambar 3.2, hal pertama yang dilakukan adalah mereset data penyimpanan lama terapi dengan menekan tombol D pada saat alat terapi dinyalakan, sehingga data lama terapi akan direset pada posisi nol. Selanjutnya *timer* diatur selama 15 menit. Kemudian tombol A (Start) ditekan, *timer* bekerja menghitung maju. Hasil yang diperoleh ketika *seting timer* habis. Demikian juga halnya untuk pengujian kedua dan ketiga. Lama proses terapi yang dilakukan akan tetap tersimpan meski alat telah dimatikan dan akan terus bertambah nilai *work hour* seiring bertambahnya waktu terapi yang dilakukan. Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 merupakan data hasil pengujian yang didapat.

Tabel 4.4 hasil pengujian ke-1 *work hour*

<i>Timer</i> yang diatur	<i>Work Hour</i> yang tersimpan
15:00 menit	15:00 menit

Tabel 4.5 hasil pengujian ke-2 *work hour*

<i>Timer</i> yang diatur	<i>Work Hour</i> yang tersimpan
25:00 menit	40:00 menit

Tabel 4.6 hasil pengujian ke-3 *work hour*

<i>Timer</i> yang diatur	<i>Work Hour</i> yang tersimpan
30:00 menit	70:00 menit

Dari hasil ketiga pengujian ditunjukkan bahwa *Work Hour* dapat menyimpan data lama pemakaian lampu yang tidak hilang meskipun catu daya dilepaskan dan akan terus bertambah seiring dengan semakin lama terapi yang dilakukan. Tiga pengujian yang dilakukan selama 15 menit, 25 menit dan 30 menit ketika dijumlahkan pada akhir pengujian (pengujian ketiga) nilai *work hour* yang tersimpan adalah 70:00 menit, dimana jika dijumlahkan $15+25+30=70$ menit. Hal tersebut membuktikan bahwa *work hour* telah dapat berfungsi sesuai dengan yang telah direncanakan.

4.4.3 Hasil Pengolahan Data

Untuk mengetahui besarnya kesalahan yang terjadi pada proses pengujian dilakukan pengolahan data alat secara keseluruhan yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 yang merupakan data hasil pengujian *timer* pada rangkaian keseluruhan.

Setelah melihat tabel pengujian waktu (*timer*) secara keseluruhan diatas, maka kesalahan dari modul yang dibuat dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\text{waktu setting} - \text{Waktu stopwatch yang terukur}}{\text{waktu setting}} \times 100 \%$$

Dari Tabel 4.5 maka dapat dihitung :

$$\% \text{ kesalahan}_{\text{ kumulatif}} = \frac{\sum \text{kesalahan}}{\sum \text{percobaan}} = \frac{13.34\%}{30} = 0,44\%$$

Maka tingkat keakurasiannya adalah $= 100\% - 0.44\% = 99,56\%$.

Dari pengujian fungsi *timer* diperoleh perbedaan waktu yang didapat karena ketepatan antara *timer* pada alat dengan *timer* yang ada pada *stopwatch* menghitung tidak sama. Sedangkan analisa uji fungsi *work hour* berkerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan.

Tabel 4.7. % Kesalahan hasil pengujian *timer* pada rangkaian keseluruhan

Waktu <i>setting</i> <i>Timer</i> (menit)	Waktu stopwatch yang terukur (menit)	% kesalahan
01:00	01:01	1.66 %
02:00	02:01	0.83 %
03:00	03:01	0.55 %
04:00	04:01	0.42 %
05:00	05:01	0.33 %
06:00	06:02	0.55 %
07:00	07:02	0.47 %
08:00	08:02	0.42 %
09:00	09:02	0.37 %
10:00	10:02	0.33 %
11:00	11:03	0.45 %
12:00	12:03	0.42 %
13:00	13:03	0.38 %
14:00	14:03	0.36 %
15:00	15:03	0.33 %
16:00	16:04	0.42 %
17:00	17:04	0.39 %
18:00	18:04	0.37 %
19:00	19:04	0.35 %
20:00	20:04	0.33 %
21:00	21:05	0.39 %
22:00	22:05	0.38 %
23:00	23:05	0.36 %
24:00	24:05	0.35 %
25:00	25:05	0.33 %
26:00	26:06	0.38 %
27:00	27:06	0.37 %
28:00	28:06	0.36 %
29:00	29:06	0.34 %
30:00	30:06	0.33 %

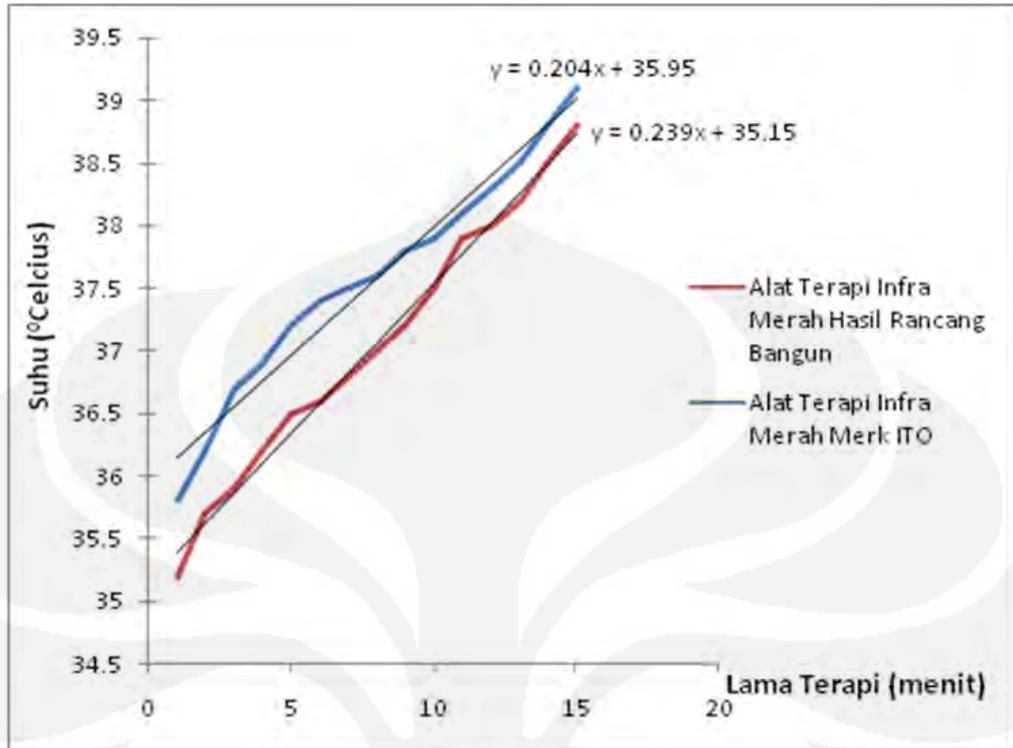
4.5 Uji Fungsi Alat Terapi Infra Merah dan Analisa Terhadap Objek

Tahapan selanjutnya dilakukan pengujian kinerja alat terhadap obyek dengan maksud untuk mengetahui apakah fungsi alat sudah sesuai dengan alat terapi yang sudah ada. Pengujian ini dilakukan dengan memonitor suhu area tubuh yang diterapi dengan menggunakan dua buah lampu terapi yang digunakan secara bergantian, yaitu dengan menggunakan lampu terapi infra merah yang telah dibuat dan lampu terapi infra merah merk : ITO dengan daya 150 watt, serta stopwatch dan termometer tubuh merk Accurate.

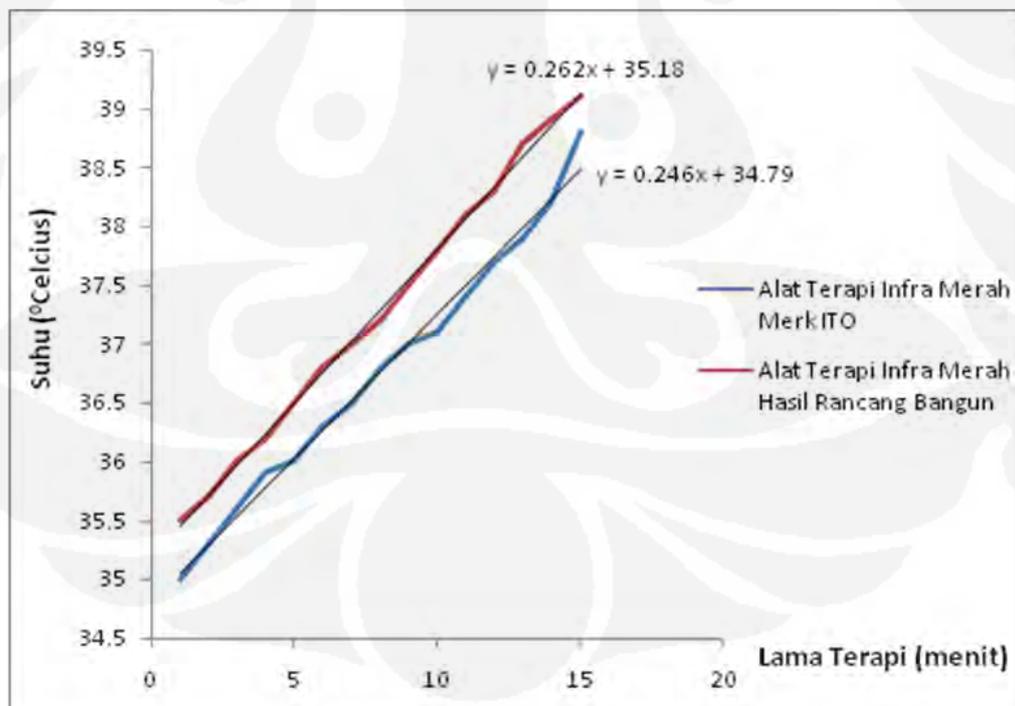
Pengujiannya sendiri dilakukan terhadap objek berupa telapak tangan manusia. Dengan mengacu pada teori dasar bahwa jarak antara lampu infra merah dengan pasien umumnya antara 36-50 cm[15], sedangkan untuk pasien dengan luka syaraf (neuritis) jaraknya diperjauh sekitar ± 1 atau $\frac{1}{2}$ kali jarak umumnya.

Saat penggunaan lampu diposisikan berhadapan dan tegak lurus dengan daerah yang akan diradiasi untuk menjamin penyerapan yang maksimal. Lama terapi tergantung dari sensitivitas kulit pasien terhadap panas, jenis penyakit yang diderita pasien dan daya atau watt lampu yang digunakan. Adapun pengujian dilakukan dengan jarak tetap dan variasi waktu yang diatur.

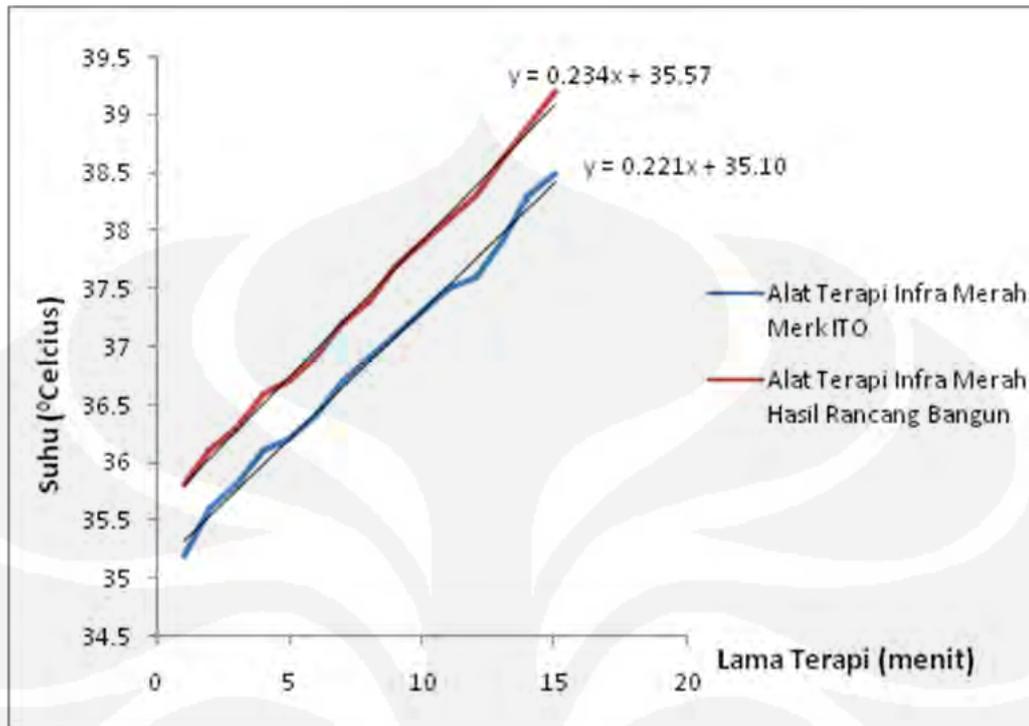
Pengujian ini dilakukan dengan melakukan 3 kali percobaan agar didapat banyak variasi nilai hasil. Pengujian dilakukan dengan menyinari objek telapak tangan manusia selama 15 menit sebanyak 3 kali sekaligus mengukur kenaikan suhu dengan menggunakan termometer yang diletakkan dibawah telapak tangan yang disinari. Pembacaan nilai kenaikan suhu akan dilakukan setiap kenaikan 1 menit waktu yang diatur sampai dengan selesai terapi. Hasil pengujian pada objek telapak tangan manusia disajikan pada lampiran 3. Dari tabel-tabel pada lampiran dapat dibuat grafik perbandingan alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO. Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6 menunjukkan grafik perbandingan kenaikan suhu alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO.



Gambar 4.4 Grafik pengujian ke-1 alat terapi infra merah yang telah dibuat terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan.



Gambar 4.5 Grafik pengujian ke-2 alat terapi infra merah yang telah dibuat terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan.



Gambar 4.6 Grafik pengujian ke-3 alat terapi infra merah yang telah dibuat terhadap alat terapi infra merah merk ITO pada objek telapak tangan.

Gambar 4.4 merupakan grafik pengujian ke-1 alat terapi infra merah hasil rancang bangun dibandingkan terhadap alat terapi infra merah merk ITO. Gambar 4.5 adalah grafik pengujian ke-2 alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO. Grafik pengujian ke-3 alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Dari hasil pengukuran ke-1 untuk alat terapi infra merah merk ITO, didapatkan $\Delta T = T_{15} - T_0$, sehingga $\Delta T = 39,1 - 35,6^{\circ}\text{C} = 3,5^{\circ}\text{C}$. Dari hasil pengukuran suhu pada percobaan ke-1 untuk alat terapi infra merah hasil rancang bangun, diperoleh $\Delta T = 38,8 - 35,0^{\circ}\text{C} = 3,8^{\circ}\text{C}$. Kemudian hasil pengukuran ke-2 untuk alat terapi infra merah merk ITO didapatkan $\Delta T = 38,8 - 34,7^{\circ}\text{C} = 4,1^{\circ}\text{C}$. Hasil pengukuran ke-2 untuk alat terapi infra merah hasil rancang bangun didapatkan $\Delta T = 39,1 - 35,2^{\circ}\text{C} = 3,9^{\circ}\text{C}$. Hasil pengukuran ke-3 untuk alat terapi infra merah merk ITO, diperoleh $\Delta T = 38,5 - 34,8^{\circ}\text{C} = 3,7^{\circ}\text{C}$ dan hasil percobaan ke-3 alat terapi infra merah hasil rancang bangun didapat $\Delta T = 39,2 - 35,5^{\circ}\text{C} = 3,7^{\circ}\text{C}$. Dapat disimpulkan dari ketiga hasil pengujian yang dilakukan

bahwa alat terapi infra merah hasil rancang bangun mampu menaikkan temperatur objek telapak tangan secara kontinu.

Tabel 4.8 menunjukkan perbedaan gradien grafik hasil pengolahan excel kenaikan suhu pada alat terapi infra merah hasil rancang bangun dan alat terapi infra merah merk ITO. Jika dirata-ratakan, gradien kenaikan suhu pada kedua alat yang dibandingkan pada pengujian ini terdapat perbedaan gradien sebesar 0,021. Perbedaan tersebut menunjukkan suhu yang dicapai oleh kedua alat terapi infra merah memiliki perbedaan yang kecil, sehingga masih dapat ditoleransi karena maksimum panas untuk kulit terluar manusia masih dapat ditolerir hingga suhu $43,7^{\circ}\text{C}$ [14].

Tabel 4.8 perbandingan gradien grafik kenaikan suhu alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap alat terapi infra merah merk ITO

Percobaan	Gradien grafik kenaikan suhu	
	Alat terapi infra merah merk ITO	Alat terapi infra merah hasil rancang bangun
1	0.204	0.239
2	0.246	0.262
3	0.221	0.234

Dari hasil pengujian fungsi alat terapi infra merah hasil rancang bangun terhadap objek telapak tangan didapat bahwa suhu daerah yang diterapi meningkat seiring dengan semakin lama terapi dengan gradien sebesar 0,24. Hal tersebut menunjukkan bahwa alat terapi infra merah yang dirancang dapat menghasilkan efek panas terhadap area yang diterapi. Jika dibandingkan dengan alat terapi infra merah merk ITO dengan objek terapi yang sama, didapatkan bahwa alat terapi infra merah hasil rancang bangun menghasilkan perbedaan peningkatan suhu sebesar $3,8^{\circ}\text{C}$.

BAB V

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian terhadap alat terapi infra merah dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat terapi sinar infra merah ini telah bekerja sesuai dengan fungsinya, yaitu secara otomatis dapat mematikan lampu infra merah sesuai dengan waktu terapi yang telah ditentukan serta menyimpan data lama pemakaian lampu.
2. Dibandingkan terhadap alat standar yang umum digunakan (*stopwatch*) *timer* alat terapi infra merah ini memiliki tingkat keakurasian sebesar 99,56 %.
3. Dengan obyek telapak tangan manusia, ditunjukkan bahwa untuk rentang terapi selama 15 menit terjadi peningkatan suhu secara linear dengan gradien $0,24^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ seiring dengan peningkatan lama terapi dengan rata-rata kenaikan suhu sebesar $3,8^{\circ}\text{C}$.

DAFTAR ACUAN

1. Wallace , Kimberly(2001). Physical Therapy. Philadelphia : Rothman Institute.
2. Tim Dosen D.III Fisioterapi(2002). Sumber Fisis. Surakarta : Poltekkes Surakarta Jurusan Fisioterapi.
3. E.Prentice, William(2005). Therapeutic Modalities in Rehabilitation. Columbus : McGraw-hill medical publishing divison.
4. Buku manual lampu Infra Merah, merk : Philips, tipe : HP 3616 (2005)
5. Buku manual lampu Infra Merah, merk : ITO-Japan (2007).
6. Buku manual lampu Infra Merah, merk : Philips, tipe : R95 UNP (2002).
7. Gabriel, J.F. (2002). Fisika Kedokteran. Bali : Penerbit Buku Kedokteran EGC.
8. Crayonpedia, “pemantulan cahaya”. Diakses tanggal 13 November 2009
<http://www.crayonpedia.org/optikdancahaya>.
9. Google, “skema pembiasan cahaya”. Diakses tanggal 13 November 2009.
<http://118.98.163.253/download/view.php>
10. Google, “energy foton cahaya”. Diakses tanggal 22 November 2009.
<http://www.scribd.com/.../Hipotesis-Planck>
11. Wikipedia, “stevan Boltzmann”. Diakses tanggal 22 November 2009.
<http://id.wikipedia.org/wiki/Hukum-ilmiah>
12. Prawirohartono , Slamet(2000). SAINS BIOLOGI – 2B. Jakarta : Erlangga.
13. Google, “infrared tutorial”. Diakses pada tanggal 5 November 2009.
http://www.electrophysics.com/View/Viw_TechPrimer_InfraredTutorial.asp
14. L.Watkins , Arthur(1968). A manual of electrotherapy. Philadelphia : Lea&Febiger.
15. Philips consumer care. “confirmation”. Email to Philips_2792196@philips-customer-care.com. 22 Desember 2009.

DAFTAR PUSTAKA

1. Eko Putra, Afgianto (2003). Belajar mikrokontroller AT89C51/52/55 teori dan aplikasi. Yogyakarta : Penerbit Gava Media.
2. Budiharto, Widodo (2005). Elektronika digital dan mikroprosesor. Yogyakarta : Penerbit Andi.
3. Indra Yatini dan Erliansyah Nasution (2005). Algoritma dan struktur data dengan C++. Yogyakarta : Graha Ilmu.
4. F.Coughlin, Robert. Edisi kedua. Penguat operasional dan rangkaian terpadu linear. Jakarta : Herman Widodo Soemitro.

LAMPIRAN**Lampiran 1**

Tabel hasil perbandingan *timer* pada stopwatch dan *timer* alat terapi infra merah

Waktu (menit)	
<i>Timer</i> Alat Terapi Infra Merah	<i>Stopwatch</i>
01:00	01:01
02:00	02:01
03:00	03:01
04:00	04:01
05:00	05:01
06:00	06:02
07:00	07:02
08:00	08:02
09:00	09:02
10:00	10:02
11:00	11:03
12:00	12:03
13:00	13:03
14:00	14:03
15:00	15:03
16:00	16:04
17:00	17:04
18:00	18:04
19:00	19:04
20:00	20:04
21:00	21:05
22:00	22:05
23:00	23:05
24:00	24:05
25:00	25:05
26:00	26:06
27:00	27:06
28:00	28:06
29:00	29:06
30:00	30:06

Lampiran 2

Tabel Hasil pengujian ke-1 alat terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi Merk : ITO , pada $T_0=34.6^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.8 °C
02 menit	+/- 40 cm	36.2 °C
03 menit	+/- 40 cm	36.7 °C
04 menit	+/- 40 cm	36.9 °C
05 menit	+/- 40 cm	37.2 °C
06 menit	+/- 40 cm	37.4 °C
07 menit	+/- 40 cm	37.5 °C
08 menit	+/- 40 cm	37.6 °C
09 menit	+/- 40 cm	37.8 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.9 °C
11 menit	+/- 40 cm	38.1 °C
12 menit	+/- 40 cm	38.3 °C
13 menit	+/- 40 cm	38.5 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.8 °C
15 menit	+/- 40 cm	39.1 °C

Lampiran 3

Tabel Hasil pengujian ke-2 alat terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi Merk : ITO, pada $T_0=34.7^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.0 °C
02 menit	+/- 40 cm	35.3 °C
03 menit	+/- 40 cm	35.6 °C
04 menit	+/- 40 cm	35.9 °C
05 menit	+/- 40 cm	36.0 °C
06 menit	+/- 40 cm	36.3 °C
07 menit	+/- 40 cm	36.5 °C
08 menit	+/- 40 cm	36.8 °C
09 menit	+/- 40 cm	37.0 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.1 °C
11 menit	+/- 40 cm	37.4 °C
12 menit	+/- 40 cm	37.7 °C
13 menit	+/- 40 cm	37.9 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.2 °C
15 menit	+/- 40 cm	38.8 °C

Lampiran 4

Tabel Hasil pengujian ke-3 alat terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi Merk : ITO, pada $T_0=34.8^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.2 °C
02 menit	+/- 40 cm	35.6 °C
03 menit	+/- 40 cm	35.8 °C
04 menit	+/- 40 cm	36.1 °C
05 menit	+/- 40 cm	36.2 °C
06 menit	+/- 40 cm	36.4 °C
07 menit	+/- 40 cm	36.7 °C
08 menit	+/- 40 cm	36.9 °C
09 menit	+/- 40 cm	37.1 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.3 °C
11 menit	+/- 40 cm	37.5 °C
12 menit	+/- 40 cm	37.6 °C
13 menit	+/- 40 cm	37.9 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.3 °C
15 menit	+/- 40 cm	38.5 °C

Lampiran 5

Tabel Hasil pengujian alat ke-1 terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi infra merah yang telah dibuat, pada $T_0=35.0^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.2 °C
02 menit	+/- 40 cm	35.7 °C
03 menit	+/- 40 cm	35.9 °C
04 menit	+/- 40 cm	36.2 °C
05 menit	+/- 40 cm	36.5 °C
06 menit	+/- 40 cm	36.6 °C
07 menit	+/- 40 cm	36.8 °C
08 menit	+/- 40 cm	37.0°C
09 menit	+/- 40 cm	37.2 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.5 °C
11 menit	+/- 40 cm	37.9 °C
12 menit	+/- 40 cm	38.0 °C
13 menit	+/- 40 cm	38.2 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.5 °C
15 menit	+/- 40 cm	38.8 °C

Lampiran 6

Tabel Hasil pengujian alat ke-2 terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi infra merah yang telah dibuat, pada $T_0=35.2^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.5 °C
02 menit	+/- 40 cm	35.7 °C
03 menit	+/- 40 cm	36.0 °C
04 menit	+/- 40 cm	36.2 °C
05 menit	+/- 40 cm	36.5 °C
06 menit	+/- 40 cm	36.8 °C
07 menit	+/- 40 cm	37.0 °C
08 menit	+/- 40 cm	37.2 °C
09 menit	+/- 40 cm	37.5 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.8 °C
11 menit	+/- 40 cm	38.1 °C
12 menit	+/- 40 cm	38.3 °C
13 menit	+/- 40 cm	38.7 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.9 °C
15 menit	+/- 40 cm	39.1 °C

Lampiran 7

Tabel Hasil pengujian alat ke-3 terhadap telapak tangan manusia dengan menggunakan lampu terapi infra merah yang telah dibuat, pada $T_0=35.5^{\circ}\text{C}$

Waktu terapi	Jarak	Suhu
01 menit	+/- 40 cm	35.8 °C
02 menit	+/- 40 cm	36.1 °C
03 menit	+/- 40 cm	36.3 °C
04 menit	+/- 40 cm	36.6 °C
05 menit	+/- 40 cm	36.7 °C
06 menit	+/- 40 cm	36.9 °C
07 menit	+/- 40 cm	37.2 °C
08 menit	+/- 40 cm	37.4 °C
09 menit	+/- 40 cm	37.7 °C
10 menit	+/- 40 cm	37.9 °C
11 menit	+/- 40 cm	38.1 °C
12 menit	+/- 40 cm	38.3 °C
13 menit	+/- 40 cm	38.6 °C
14 menit	+/- 40 cm	38.9 °C
15 menit	+/- 40 cm	39.2 °C

Lampiran 9

Foto alat terapi infra merah hasil rancang bangun



Perangkat lunak alat terapi infra merah hasil

```
$MOD51
```

```
;program infra red therapy
```

```
;*****
```

```

detiksatuan equ 50h
detikpuluhan equ 51h
menitsatuan equ 52h
menitpuluhan equ 53h
menitratusan equ 54h
menitribuan equ 55h
menitpuluhribuan equ 56h
jumlah_baris equ 57h
data_scan equ 58h
data_set_timer equ 59h
awal_indeks_data equ 5ah
data_pembanding equ 5bh
pos_set_angka equ 5ch
setdetiksatuan equ 60h
setdetikpuluhan equ 61h
setmenitsatuan equ 62h
setmenitpuluhan equ 63h
GLP_detik_satuan equ 65h
GLP_detik_puluhan equ 66h
GLP_menit_satuan equ 67h
GLP_menit_puluhan equ 68h
GLP_menit_ratusan equ 69h
GLP_menit_ribuan equ 6ah
GLP_menit_puluhribuan equ 6bh
slave_pointer equ 6ch
eeprom_address equ 70h
GLP_detik_satuan_dr_EEPROM equ 71h
GLP_detik_puluhan_dr_EEPROM equ 72h
GLP_menit_satuan_dr_EEPROM equ 73h
GLP_menit_puluhan_dr_EEPROM equ 74h
GLP_menit_ratusan_dr_EEPROM equ 75h
GLP_menit_ribuan_dr_EEPROM equ 76h
GLP_menit_puluhribuan_dr_EEPROM equ 77h
penambahGLP_detiksatuan equ 78h
penambahGLP_detikpuluhan equ 79h
penambahGLP_menitsatuan equ 7ah
penambahGLP_menitpuluhan equ 7bh
lamp_err equ 7ch

```

```
*****
```

(lanjutan)

```
db7          equ p1.7
LCD          EQU P1
E            EQU P3.0
RW           EQU P3.1
RS           EQU P3.2
SCL          equ p3.3
SDA          equ p3.4
bariskeypad Equ p0
kolomkeypad Equ p2
lampu_infra_red Equ P3.5
buzzer       Equ p3.6
```

```
*****
```

```
DSEG
ORG 30H
Loop:        DS 2
LoopLCD:     DS 1
LoopD:       DS 1
LCDpos:      DS 1 ;first position
indexLCD:    DS 1
indeks_baris: DS 1
timenaik:    DS 1
settimerselesai: DS 1
matikan_timer: DS 1
index_EEPROM: DS 1
bitcount:    DS 1
indexcek:    DS 1
```

```
*****
```

```
CSEG
ORG 0
AJMP Start
*****
ORG 30H
start:
  clr  lampu_infra_red ;matikan lampu infra red
  setb buzzer          ;matikan buzzer
  MOV  TMOD,#11H      ;set mode timer
  SETB E
  ACALL init_LCD      ;inisialisasi LCD
  MOV  DPTR,#welcome ;tulisan yg 1x muncul saat LCD di hidupkan "F-
A-R-I-D-A-F-A"
  MOV  LCDpos,#00H    ;posisi tulisan dimulai "baris 1 kolom 1"
  ACALL akses_LCD     ;untuk mengakses (menampilkan) tulisan ke
LCD
```

```

call delay1s          ;waktu tunda selama 1 detik
call delay1s          ;waktu tunda selama 1 detik
mov  EEPROM_address,#10101000b ; alamat u/ EEPROM
mov  slave_pointer,#10h      ; alamat u/ word address EEPROM
                                                                    (lanjutan)
call  menu_service      ; menu service (reset GLP lamp)

MOV  DPTR,#kalimat_work_hour ;memunculkan tulisan "work_hour"
MOV  LCDpos,#00H        ;posisi tulisan dimulai "baris 1 kolom 1"
ACALL akses_LCD        ;untuk mengakses (menampilkan) tulisan ke
LCD
MOV  DPTR,#work_hour    ;memunculkan tulisan "- 60.000 m"
MOV  LCDpos,#40H        ;posisi tulisan dimulai "baris 1 kolom 1"
ACALL akses_LCD        ;untuk mengakses (menampilkan) tulisan ke
LCD
acall baca_data_GLP_dr_EEPROM ;baca data GLP yang ada di EEPROM
call  tampilkan_work_hour ;tampilkan data GLP ke LCD

call  delay1s          ;waktu tunda selama 1 detik
acall clear_display_LCD

MOV  DPTR,#please_wait  ;memunculkan tulisan "please Wait"
MOV  LCDpos,#00H        ;posisi tulisan dimulai "baris 1 kolom 1"
ACALL akses_LCD        ;untuk mengakses (menampilkan) tulisan ke
LCD
acall tunggu          ;memanggil subrutin "tunggu"
acall clear_display_LCD

start2:
mov  detiksatuan,#30h    ;detiksatuan diisi nilai "nol"
mov  detikpuluhan,#30h  ;detikpuluhan diisi nilai "nol"
mov  menitsatuan,#30h   ;menitsatuan diisi nilai "nol"
mov  menitpuluhan,#30h  ;menitpuluhan diisi nilai "nol"
mov  setdetiksatuan,#30h ;setdetiksatuan diisi nilai "nol"
mov  setdetikpuluhan,#30h ;setdetikpuluhan diisi nilai "nol"
mov  setmenitsatuan,#30h ;setmenitsatuan diisi nilai "nol"
mov  setmenitpuluhan,#30h ;setmenitpuluhan diisi nilai "nol"
mov  bariskeypad,#0ffh  ;maksudnya reset baris keypad
mov  kolomkeypad,#0ffh  ;maksudnya reset kolomkeypad
mov  settimerselesai,#00h ;sandi bahwa timer belum selesai

mode_alat:
mov  matikan_timer,#00h ;sandi bahwa timer belum selesai
MOV  DPTR,#pilih_mode_alat1 ;muncul tulisan "MODE A=Timer"

```

```
MOV LCDpos,#00H ;posisi tulisan pada kolom 1 baris 1
ACALL akses_LCD ;tampilkan ke LCD
```

```
MOV DPTR,#pilih_mode_alat2 ;muncul tulisan "D=work_hour"
MOV LCDpos,#40H ;posisi tulisan pada kolom 1 baris 1
ACALL akses_LCD ;tampilkan ke LCD
```

(lanjutan)

```
*****
;
;Program Utama
*****
utama:

    mov bariskeypad,#0ffh ;reset GLP
    mov bariskeypad,#01111111b ;kirim data 11011111b ke baris pada keypad
    mov a,kolomkeypad ;ambil data pada kolom keypad
    jb p2.4,cektombol_A ;apakah tombol D ditekan
    jnb p2.4,$
    mov kolomkeypad,#0ffh ; reset kolom keypad
    acall baca_data_GLP_dr_EEPROM ;baca data GLP yang ada di EEPROM
    call tampilkan_GLP_LAMP ;tampilkan data GLP ke LCD
    jmp start2 ;lompat ke start2
cektombol_A:
    mov bariskeypad,#0ffh ;reset baris keypad
    mov bariskeypad,#11101111b ;baris keempat
    mov a,kolomkeypad ;ambil data pada kolom keypad
    jb p2.4,utama ;apakah mode timer dipilih "tombol A' (jk tmbl A
ditekan)
    jnb p2.4,$
    mov kolomkeypad,#0ffh ;reset kolom keypad
    kembali:
    acall clear_display_LCD
    MOV DPTR,#tulisan1 ;TIME Set=00:00
    MOV LCDpos,#00H ;Posisi huruf dimulai pada kolom1 baris1 pd
LCD
    ACALL akses_LCD ;Tampilkan pada LCD
    MOV DPTR,#tulisan_enterreset_set_timer ;muncul tulisan "*=reset #=Enter"
    MOV LCDpos,#40H ;posisi huruf dimulai pd kolom1 baris2 pd
LCD
    ACALL akses_LCD ;tampilkan pd LCD
utama3:
    call set_timer
    MOV DPTR,#tulisan3 ; A=On Act=00:00
    MOV LCDpos,#40H ;posisi huruf dimulai pd kolom1 baris2 pd
LCD
    ACALL akses_LCD ;tampilkan pd LCD

utama4:
```

```

    mov bariskeypad,#11011111b      ;kirim data 01111111b ke baris keypad
    jb p2.4,lanjut                  ;apakah ingin kembali ke menu sebelumnya
keypad "B"
    jnb p2.4,$
    call resettimer                  ;memanggil subrutin untuk mereset timer yang
telah diset
    mov bariskeypad,#0ffh            ;reset baris keypad
    mov kolomkeypad,#0ffh

```

(lanjutan)

```

    sjmp kembali
lanjut:
    mov bariskeypad,#0ffh            ;reset baris keypad
    mov bariskeypad,#11101111b      ;kirim data 11101111b ke baris keypad
    jb p2.4,utama4                  ;apakah timer ingin dimulai (keypad "A")
    jnb p2.4,$
    mov bariskeypad,#0ffh            ;reset baris keypad
    mov kolomkeypad,#0ffh

    MOV DPTR,#tulisan4               ;muncul kalimat :D=Off Act=00:00"
    MOV LCDpos,#40H                  ;posisi huruf dimulai pd kolom1 baris2 pd
LCD
    ACALL akses_LCD                  ;tampilkan pada LCD
    sjmp mulai                        ;lompat ke mulai

```

```

;*****
;
;program mulai timer
;*****
mulai:
    setb lampu_infra_red             ;on kan lampu infra red
    call delay1s                      ;panggil delay 1 detik
    mulai2:
    call cek_sensorLDR                ;untuk mengecek apakah lampu
menyala setelah di onkan
    mov a,Lamp_err                    ;pindahkan data hasil cek lampu ke acc
    cjne a,#00h,dari_cek_lamp         ;apakah lampu error? jika ya balik ke "start
2"
    call time_naik                    ;waktu akumulatif naik
    call delay1s                      ;panggil delay 1 detik
    call cek_timer_dengan_settingan    ;cek timer set = actual
    call copy_data_timer              ;copy data timer
    mov a,matikan_timer               ;isi acc dengan data yg ada pd matikan timer
    cjne a,#0ffh,teruskan             ;apakah timer sudah sama dengan settingan
    acall kirim_dataGLP_ke_EEPROM     ;kirim data timer GLP (update) ke
EEPROM
    acall proses_stop                 ; stop processing
    ljmp start2                       ;lompat ke start2
    teruskan:

```

```

mov bariskeypad,#01111111b      ;kirim data 01111111b ke baris keypad
jb p2.4,mulai2                  ;apakah timer ingin distop (keypad "D")
jnb p2.4,$
mov bariskeypad,#0ffh          ;reset baris keypad
mov kolomkeypad,#0ffh
acall kirim_dataGLP_ke_EEPROM   ;kirim data GLP ke EEPROM
(update data)
  acall proses_stop              ;stop processing
dari_cek_lamp:
  ljmp start2                    ;jmp start2

;*****
;cek_sensorLDR
;*****
cek_sensorLDR:
  jb p3.7,lampu_OK              ;apakah sensor membaca lampu menyala?
  acall clear_display_LCD       ;clear tampilan pada LCD
  clr lampu_infra_red           ;off kan lampu infra red
  MOV  DPTR,#lamp_error         ;memunculkan tulisan "lamp_error"
  MOV  LCDpos,#00H              ;posisi tulisan dimulai "baris 1 kolom 1"
  ACALL akses_LCD               ;untuk mengakses (menampilkan) tulisan
ke LCD
  mov  Lamp_err,#0ffh           ;tanda bahwa lampu tidak menyala
  call delay1s                  ;waktu tunda selama 1 detik
  call delay1s                  ;waktu tunda selama 1 detik
  call delay1s                  ;waktu tunda selama 1 detik
  acall kirim_dataGLP_ke_EEPROM ;kirim data timer GLP (update) ke
EEPROM
  ret                            ;kembali

lampu_OK:
  mov  Lamp_err,#00h            ;tanda bahwa lampu menyala
  ret                            ;kembali

;*****
;copy data timer
;*****
copy_data_timer:
  mov  GLP_detik_satuan,detiksatuan
  mov  GLP_detik_puluhan,detikpuluhan
  mov  GLP_menit_satuan,menitsatuan
  mov  GLP_menit_puluhan,menitpuluhan
  ret

;*****
;service mode
;*****

```

```

menu_service:
    call resetGLP
    ret
resetGLP:
    mov bariskeypad,#01111111b
    jb p2.4,akhirmenu_resetGLP      ; apakah GLP ingin direset (tombol D
saat start up)
    mov kolomkeypad,#0ffh
    mov bariskeypad,#0ffh
    mov GLP_detik_puluhan,#30h
    mov GLP_detik_satuan,#30h
    mov GLP_menit_puluhan,#30h
    mov GLP_menit_satuan,#30h
    mov GLP_menit_ratusan,#30h
    mov GLP_menit_ribuan,#30h
    mov GLP_menit_puluhribuan,#30h
    acall siap_kirim_ke_EEPROM
    MOV  DPTR,#tulisan7              ; > RESET GLP LAMP <
    MOV  LCDpos,#00H
    ACALL akses_LCD
    acall delay1s
    acall delay1s
akhirmenu_resetGLP:
    ret

setting_resetGLPmanual:
    mov bariskeypad,#10111111b
    jb p2.4,akhirmenu_setting_resetGLPmanual ; apakah GLP ingin diset
manual (tombol c saat start up)
    MOV  DPTR,#tulisan8              ; Set Manual GLP
    MOV  LCDpos,#00H
    ACALL akses_LCD
    MOV  DPTR,#tulisan6              ; 00000.00 min
    MOV  LCDpos,#40H
    ACALL akses_LCD

    jmp $                            ; belum selesai menu settingnya :)

akhirmenu_setting_resetGLPmanual:
    ret

;*****
;
;kirim data GLP ke EEPROM
;*****
;
kirim_dataGLP_ke_EEPROM:
    acall baca_data_GLP_dr_EEPROM
    mov GLP_detik_satuan,GLP_detik_satuan_dr_EEPROM
    mov GLP_detik_puluhan,GLP_detik_puluhan_dr_EEPROM

```

```

mov GLP_minut_satuan, GLP_minut_satuan_dr_EEPROM
mov GLP_minut_puluhan, GLP_minut_puluhan_dr_EEPROM
mov GLP_minut_ratusan, GLP_minut_ratusan_dr_EEPROM
mov GLP_minut_ribuan, GLP_minut_ribuan_dr_EEPROM
mov GLP_minut_puluhribuan, GLP_minut_puluhribuan_dr_EEPROM

```

```

mov penambahGLP_detiksatuan, #30h
mov penambahGLP_detikpuluhan, #30h
mov penambahGLP_minutsatuan, #30h
mov penambahGLP_minutpuluhan, #30h

```

```

call pertama
call kedua
call ketiga

```

(lanjutan)

```

;*****
;
; baca data GLP dr EEPROM
;*****
;
; baca_data_GLP_dr_EEPROM:
;   acall send_start
;   MOV a, EEPROM_address
;   acall send_byte
;   mov a, slave_pointer
;   acall send_byte
;   mov index_eeprom, #7
;   MOV R0, #71h
;
; Read_Byte:
;   acall send_stop
;   acall send_start
;   MOV a, EEPROM_address
;   setb acc.0
;   acall send_byte
;
; rbyte:
;   acall receive_byte
;   MOV @R0, A
;   INC R0
;   DJNZ index_eeprom, ACK
;
;
; NO_ACK:
;   SETB SDA ; NOT ACK
;   ACALL SCL_HIGH ; PULSE SCL
;   ACALL delay ; kesempatan slave utk baca
;   CLR SCL
;   SETB SDA ; release data line
;   ACALL delay ; slave siapkan byte berikutnya
;   SJMP stop
;
; ACK:
;   CLR SDA ; SEND ACK

```

```

ACALL SCL_HIGH    ; PULSE SCL
ACALL delay      ; kesempatan slave utk baca
CLR SCL
SETB SDA        ; release data line
ACALL delay      ; slave siapkan byte berikutnya
SJMP rbyte

stop:
acall send_stop
ret

;*****
;Set timer
;*****
set_timer:
                                (lanjutan)
    mov bariskeypad,#11011111b    ; kirim data 01111111b ke baris keypad
    jb p2.4,lanjut_set            ; apakah ingin kembali ke menu sebelumnya
    keypad "B"
    jnb p2.4,$
    mov bariskeypad,#0ffh         ; reset baris keypad
    mov kolomkeypad,#0ffh
    ljmp start2
lanjut_set:
    call setting
    mov a,settimerselesai
    cjne a,#0ffh,set_timer        ; apakah set timer sudah selesai
    mov settimerselesai,#00h
    Ret

setting:
daricek:
    mov jumlah_baris,#3
    mov data_scan,#11101111b
    mov DPTR,#angka
    mov awal_indeks_data,#0
ulang:
    mov data_pembanding,#01111111b
    mov indeks_baris,#0
ulang1:
    mov bariskeypad,data_scan
    mov A,kolomkeypad
    cjne A,data_pembanding,geser1
    mov A,indeks_baris
    add A,awal_indeks_data
    movc A,@A+DPTR
    mov data_set_timer,A

```

```

acall posisi_POS_SET
mov kolomkeypad,#0ffh
mov bariskeypad,#0ffh
call delay1s
jmp ulang1
geser1:
inc indeks_baris
mov A,data_pembanding
RR A
mov data_pembanding,A
mov A,indeks_baris
cjne A,#3,ulang1

mov A,awal_indeks_data
Add A,#3
mov awal_indeks_data,A
mov A,data_scan
RL A

RET

```

(lanjutan)

```

;*****
;
;Time Naik
;*****
time_naik:
mov a,detiksatuan
cjne a,#39h,tambahdetiksatuan
mov detiksatuan,#30h
mov LCDpos,#4fh
acall setLCDpos
mov a,detiksatuan
acall tampilkan
jmp fordetikpuluhan
tambahdetiksatuan:
mov a,detiksatuan
add a,#01h
mov detiksatuan,a
mov LCDpos,#4fh
acall setLCDpos
mov a,detiksatuan
acall tampilkan
jmp akhir

fordetikpuluhan:
mov a,detikpuluhan
cjne a,#35h,tambahdetikpuluhan
mov detikpuluhan,#30h
mov LCDpos,#4eh

```

```
acall setLCDpos
mov a,detikpuluhan
acall tampilkan
jmp formenitsatuan
tambahdetikpuluhan:
mov a,detikpuluhan
add a,#01h
mov detikpuluhan,a
mov LCDpos,#4eh
acall setLCDpos
mov a,detikpuluhan
acall tampilkan
jmp akhir
```

```
formenitsatuan:
mov a,menitsatuan
cjne a,#39h,tambahmenitsatuan
mov menitsatuan,#30h
mov LCDpos,#4ch
acall setLCDpos
mov a,menitsatuan
acall tampilkan
jmp formenitpuluhan
tambahmenitsatuan:
mov a,menitsatuan
add a,#01h
mov menitsatuan,a
mov LCDpos,#4ch
acall setLCDpos
mov a,menitsatuan
acall tampilkan
jmp akhir
```

```
formenitpuluhan:
mov a,menitpuluhan
cjne a,#39h,tambahmenitpuluhan
mov menitpuluhan,#30h
mov LCDpos,#4bh
acall setLCDpos
mov a,menitpuluhan
acall tampilkan
jmp akhir
tambahmenitpuluhan:
mov a,menitpuluhan
add a,#01h
mov menitpuluhan,a
mov LCDpos,#4bh
acall setLCDpos
```

```

mov a,menitpuluhan
acall tampilkan
jmp akhir

```

tampilkan:

```

SETB E
SETB RS
CLR RW
MOV LCD,A
CLR E
SETB E
ACALL waitLCD
ret

```

akhir:

```
ret
```

```

;*****
;cek_timer_dengan_settingan
;*****

```

cek_timer_dengan_settingan:

```
mov a,detiksatuan
```

(lanjutan)

```

cjne a,setdetiksatuan,tidaksama
mov a,detikpuluhan
cjne a,setdetikpuluhan,tidaksama
mov a,menitsatuan
cjne a,setmenitsatuan,tidaksama
mov a,menitpuluhan
cjne a,setmenitpuluhan,tidaksama
mov matikan_timer,#0ffh

```

; key bahwa timer actual = timer setting

tidaksama:

```
ret
```

```
;*****
```

```

initbyte:          DB 38H,38H,38H,38H,0CH,01H,06H
datauntukcek:     DB 39h,38h,37h,36h,0ffh
welcome:          DB ' FARIDA-FA ',0ffh
tulisan1:         DB 'TIME Set= 00:00',0ffh
tulisan2:         DB ' Act= 00:00',0ffh
tulisan3:         DB 'A=On Act= 00:00',0ffh
tulisan4:         DB 'D=Off Act= 00:00',0ffh
tulisan5:         DB 'Life Time ',0ffh
tulisan6:         DB ' . min',0ffh
tulisan7:         DB '>RESET GLP LAMP<',0ffh
tulisan8:         DB 'Set Manual GLP ',0ffh
tulisan9:         DB ' >>> STOP <<< ',0ffh
please_wait:     DB ' PLEASE WAIT ',0ffh
pos_LCD:          DB 4fh,4eh,4ch,0ffh

```

```
angka: DB '123456789_'
pilih_mode_alat1: DB 'A = Timer ',0ffh
pilih_mode_alat2: DB 'D = Work Hour ',0ffh
tulisan_enterreset_set_timer: DB '* =reset # =enter',0ffh
kalimat_work_hour: DB 'Work_Hour (min)',0ffh
work_hour: DB ' . - 60.000',0ffh
lamp_error: DB '>> Lamp Error <<',0ffh
```

```
*****
,
END
```