

# **TUGAS AKHIR**

## **MODIFIKASI ALAT TERAPI REMATIK DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER AT89S51**



**Disusun Oleh :**

**Teguh Imam Priyanto**

**NIM : 03.57.012**

**KONSENTRASI ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D -III  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2009**

---

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**Modifikasi Alat Terapi Rematik Dengan Menggunakan  
Mikrokontroler AT89S51**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Pada Jurusan  
Teknik Elektro D-III Konsentrasi Elektronika.

Disusun Oleh :


**Teguh Imam Priyanto.**

NIM : 03. 57. 012

Mengetahui:

Ketua Jurusan

Teknik Elektro D-III



(Ir. Taufik Hidayat, MT)  
NIP.Y. 1018700151

Diperiksa dan disetujui

Dosen Pembimbing



( Bambang Prio H , ST, MT)

NIP.Y. 1028400082



**KONSENTRASI ELEKTRONIKA  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D - III  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2009**



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA  
MALANG

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Teguh Imam Priyanto  
NIM : 03.57.012.  
Jurusan : Teknik Elektro D-III.  
Program Studi : Teknik Elektronika.  
Judul Tugas Akhir : Modifikasi alat terapi rematik Berbasis  
Mikrokontroler AT89S51.

Dipertahankan di hadapan Majelis penguji Tugas Akhir Jenjang Diploma (D-III) :

Pada Hari : Jum'at  
Tanggal : 2 Oktober 2009  
Dengan nilai : B+

*Panitia Ujian Tugas Akhir*

Ketua Majelis Penguji

( Ir. Taufik Hidayat, MT )  
NIP.Y. 1018700151

Sekretaris Majelis Penguji

( Bambang Priyo H, ST, MT )  
NIP.Y. 1018700151

Anggota Penguji

Penguji I

( Ir. Taufik Hidayat, MT )  
NIP.Y. 1018700151

Penguji II

( Ir. M. Abdul Hamid, MT )  
NIP.Y. 1028400082



**LEMBAR PERBAIKAN TUGAS AKHIR**

Telah dilakukan perbaikan oleh:

Nama : Teguh Imam Priyanto.  
NIM : 03.57.012.  
Jurusan : Teknik Elektro D-III.  
Program Studi : Teknik Elektronika.  
Hari/Tanggal : Senin / 9 November 2009

No.	Materi Perbaikan	Paraf
1.	Perbaikan alat	
2..	Untuk mencapai temperatur yang diinginkan berapa waktu yang di butuhkan!	
3.	Judul sesuaikan dengan lingkup bahasan pembuatan alat	
4.	Tambahkan hasil pengujian waktu pemakaian alat misal 2 jam, apakah temperaturnya bisa sesuai dengan set point	

Telah Diperiksa/Disetujui:

Anggota Penguji I

(Ir. Taufik Hidayat, MT)  
NIP.Y. 1018700151

Anggota Penguji II

(Ir. M. Abdul Hamid, MT)  
NIP.Y. 1018800188

Mengetahui :  
Dosen Pembimbing

(Bambang Prio H., ST, MT.)  
NIP.Y. 1028400082



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO D-III  
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRONIKA  
MALANG

---

### LEMBAR BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Teguh Imam Priyanto  
NIM : 03.57.012.  
Jurusan : Teknik Elektro D-III,  
Program Studi : Teknik Elektronika.  
Judul Tugas Akhir : Modifikasi alat terapi rematik Berbasis  
Mikrokontroler AT89S51.  
Dosen Pembimbing : Bambang Prio H, ST, MT.  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : B<sup>+</sup>

Mengetahui:

Ketua Jurusan Elektro D-III

( Ir. Taufik Hidayat, MT )  
NIP.Y. 1018700151

Diperiksa dan Disetujui:

Dosen Pembimbing

( Bambang Prio H, ST, MT. )  
NIP.Y. 1028400082

---

## ABSTRAK

Modifikasi alat untuk terapi rematik dengan menggunakan Mikrokontroler AT89S51, Teguh Imam Priyanto , 0357012, Konsentrasi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro D-III, Fakultas Teknologi Industri, Bambang Prio H , ST, MT., Institut Teknologi Nasional Malang, 2009.

Penggunaan mikrokontroler sebagai pengendali sudah sangat luas, hal ini di karenakan peralatan mikrokontroler memberikan kemudahan dalam penggunaannya. Seperti halnya Pengaturan Suhu dan waktu pada alat terapi rematik.. Ide ini muncul ketika mengamati alat terapi rematik yang berupa bantalan yang mana setting suhu masih manual,dan tidak ada setting waktu lama proses terapi. Dalam penelitian ini peneliti merencanakan serta membuat perangkat keras dan perangkat lunak pada Pengaturan Suhu dan waktu pada alat terapi rematik agar dapat berfungsi secara otomatis serta mengimplementasikan mikrokontroller dengan menggunakan AT89S51. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mempermudah kita dalam melakukan proses terapi rematik .

Dari hasil analisa data yang dilakukan dapat dibuktikan dengan langkah Pengujian *hardware* dan *software* Sensor suhu diaplikasikan untuk pendeteksian derajat suhu pada pemanas. Menampilkanya di LCD, kita set batas bawah sebesar 26°C . Sedangkan lama waktu proses pemanasan ialah ±16 menit dengan suhu maksimal 45°C.

**Kata Kunci :** Terapi Rematik

---

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadirat-Mu Ya Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Alat termoterapi untuk rematik dengan menggunakan Mikrokontroler AT89S51" ini dengan lancar. Tugas Akhir ini merupakan persyaratan kelulusan Studi di Jurusan Teknik Elektro D-III Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang.

Keberhasilan penyelesaian laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Untuk itu penyusun menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
  2. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro D-III
  3. Bapak Ir. Taufik Hidayat, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro D-III
  4. Bapak Bambang Prio H, ST, MT selaku dosen pembimbing, yang sudah sangat membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
  5. Ayah dan Ibu serta saudara-saudari kami yang telah memberikan do'a restu, dorongan, semangat, dan biaya.
  6. Terima kasih Kepada seluruh Dosen ITN, yang telah memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi kami..
  7. Semua yang telah membantu dalam penyelesaian penyusunan Tugas Akhir ini.
-

8. Thanks All.

Penyusun telah berusaha semaksimal mungkin dan menyadari sepenuhnya akan keterbatasan pengetahuan dalam menyelesaikan laporan ini. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan ini.

Malang, September 2009

*Penyusun*

---



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR FLOWCHART</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan masalah .....	3
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1. Termoterapi dan elektromassage .....	5
2.2. Sistem Mikrokontroler AT 98S51 .....	6
2.2.1. Organisasi Memori.....	7
2.2.2. Register Fungsi Khusus.....	8
2.2.3. Konfigurasi Pin.....	9
2.3. Sensor Suhu LM35.....	12
2.4. Pengkondisi Sinyal Analog.....	13

---

2.4.1 Penguat Penyangga .....	13
2.4.2 Penguat Tak Membalik .....	14
2.5. Pengubah Analog ke Digital .....	15
2.5.1 Metode Pendekatan Berturut-turut.....	15
2.5.2 ADC 0804 .....	18
2.6. Papan Tombol Masukan (keypad) .....	19
2.7. Liquid Crystal Display (LCD).....	20
<b>BAB III PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT.....</b>	<b>20</b>
3.1. Metodologi perancangan alat.....	20
3.1.1. Studi Literatur.....	21
3.1.2. Perencanaan Alat.....	21
3.1.3. Pembuatan Alat .....	21
3.2. Penentuan Spesifikasi Alat .....	22
3.3 Perangkat Keras .....	22
3.4 Blok Diagram Rangkaian.....	23
3.5 Cara Kerja Rangkaian.....	24
3.6 Diagram Rangkaian .....	26
3.6.1 Sensor Suhu .....	26
3.6.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	27
3.6.3 Rangkaian Analog to Digital Converter .....	29
3.6.4 Tombol Masukan (Keypad) .....	33
3.6.5 Tampilan LCD .....	34
3.6.6 Elektroda .....	38

---

3.6.6.1 Elektroda/heating pad .....	38
3.6.7 Driver Heater .....	38
3.6.8 Mikrokontroler.....	40
3.6.9 Sistem Pewaktuan Mikrokontroler .....	41
3.7.0 Perangkat Lunak .....	42
3.7.0.1 Prosedur menu Program Utama.....	42
<b>BAB IV PENGUJIAN ALAT.....</b>	<b>44</b>
4.1. Pengujian <i>Hardware</i> .....	44
4.1.1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu .....	44
4.1.2. Pengujian ADC 0804.....	50
4.1.3. Pengujian Rangkaian Penggerak Relay.....	53
4.1.4. Pengujian LCD 1632.....	54
4.1.5. Pengujian Mikrokontroler AT 89S51.....	58
4.1.6. Pengujian Alat Keseluruhan .....	60
4.2. Pengujian Software.....	61
4.2.1. Tujuan.....	61
4.2.2. Peralatan Yang Digunakan .....	62
4.2.3. langkah Pengujian.....	62
4.2.4. Hasil Pengujian.....	62
4.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	63
4.3.1. Tujuan.....	63
4.3.2. Peralatan Yang Digunakan .....	63
4.3.3. langkah Pengujian.....	63

---

4.3.4. Hasil Pengujian.....	63
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	64
5.1. Kesimpulan .....	64
5.2. Saran .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b>	

---

## DAFTAR GAMBAR

No.	Keterangan Gambar.	Halaman.
1.	Susunan kaki Mikrokontroler AT 89S51.....	10
2.	Konfigurasi Pin Pin sensor suhu IC LM35 .....	12
3.	Penguat Penyangga .....	14
4.	Penguat Non Inverting .....	14
5.	ADC metode pendekatan berturut-turut.....	16
6.	Diagram Pin ADC 0804.....	18
7.	Keypad Matriks.....	19
8.	Diagram blok LCD M1632.....	20
9.	Blok Diagram Rangkaian .....	23
10.	Rangkaian sensor suhu .....	26
11.	Rangkaian Pengkondisi sinyal .....	28
12.	Rangkaian ADC 0804.....	29
13.	Rangkaian dan Hubungan keypad dengan mikrokontroler.....	34
14.	Rangkaian Driver .....	39
15.	Rangkaian Mikrokontroler AT 89S51 .....	40
16.	Rangkaian Pewaktuan .....	42
17.	Flowchart .....	43
18.	Pengujian Rangkaian sensor suhu .....	45
19.	Pengujian Rangkaian ADC 0804 .....	50
20.	Pengujian Rangkaian penggerak relay.....	53

---

21.	Rangkaian LCD .....	55
22.	Foto Hasil Pengujian LCD .....	58
23.	Rangkaian Pengujian Mikrokontroler AT 89S51 .....	59
24.	Foto Hasil Pengujian Mikrokontroler AT 89S51 .....	60

---

## DAFTAR TABEL

No.	Keterangan Tabel.	Halaman.
1	Tabel Range Temperature untuk rematik .....	4
2	Fungsi Pin-pin LCD M1632 .....	21
3	Tabel register seleksi.....	36
4	Tabel Fungsi-fungsi terminal pada LCD .....	37
8.	Tabel hasil pengujian pada rangkaian sensor suhu.....	45
10.	Perbandingan Hasil Pengukuran maupun Perhitungan Sensor Suhu..	47
11.	Error Hasil pengukuran dan Pengujian Sensor Suhu.....	49
12	Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0804.....	50
13	Kesalahan (Tingkat Error)Pegujian ADC .....	51
14	Hasil Pengujian LCD (liquid Crystal Display) .....	56
15	Pengujian Mikrokontroler AT 89S51 Pada Port 0.....	59
16	Pengujian Mikrokontroler AT 89S51 Pada Port 2.....	59
17	Hasil pengujian secara keseluruhan .....	61

---

## DAFTAR FLOWCHART

No.	Keterangan Flowchart.	Halaman.
1.	Flowchart Sistem .....	43

---



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Rematik adalah sekelompok gangguan yang heterogen dari sistem muskuloskeletal. Penyakit ini pada umumnya kronik dan tidak hanya menyerang orang yang berusia lanjut, akan tetapi juga anak-anak dan orang dewasa. Adapun yang perlu diketahui tentang rematik, rematik ditandai dengan nyeri yang bisa menahun. Gejala yang tampak adalah terjadinya gangguan fungsi sendi dan otot-tulan yang progresif. Keluhan banyak dijumpai, terutama yang mengenai jaringan ikat dan otot. Rematik sangat berkaitan dengan pola kehidupan. Rematik dapat menimbulkan ketidakmampuan fisik dan sosial (mengangkat, berjalan, makan, ke pasar, interaksi dengan orang lain). Rematik dibagi berdasarkan tempat terjadinya. Di dalam sendi sering disebut arthritis (osteoarthritis), Di luar sendi disebut tendinitis, tenosivitis dengan ciri, nyeri dan kekakuan pada jaringan lunak, otot atau tulang. faktor pencetus ; beban kerja berlebih, trauma, kelainan postural, usia lanjut, degenarasi jaringan ikat, stress psikologi. (, dr. Elizabeth Pasaribu, Sp. R M, 2009)

Dalam penyembuhan penderita rematik dapat mengonsumsi obat-obatan seperti; *indomethacin*, *suphasalazin*, dan sebagainya. Akan tetapi penggunaan obat-obatan ini dapat menimbulkan efek samping jika digunakan dalam waktu lama. Diantaranya dapat menyebabkan penyakit kulit, berpengaruh terhadap ginjal, dan menyebabkan terproduksi protein dalam urin, serta dapat mempengaruhi darah.

Alternatif kedua penyembuhan penyakit ini adalah dengan obat-obat tradisional seperti daun kayu putih, jamur *ling zie*, dan brotowali. Namun bahan-bahan tradisional ini sulit ditemui.

Alternatif lain untuk penyembuhan penyakit ini yaitu dengan bantalan panas, akan tetapi bantalan panas tidak dapat diatur temperaturnya dan cepat dingin. Sedangkan pada alat elektro massage kendala yang ditemukan yaitu cukup mahal biayanya.

Berdasarkan dengan kondisi tersebut akan dirancang dan dibuat suatu alat yang dapat digunakan secara manual, yang mana pada alat ini dapat diatur suhu dan waktu yang digunakan dalam proses terapi dan sistem pengaturan menggunakan mikrokontroler AT 89C51. Sehingga dapat digunakan penderita rematik dimana saja ketika penderita rematik merasakan sakit.

## **1.2 Rumusan Masalah**

- Bagaimana membuat rangkaian sensor yang dapat mendeteksi suhu pada saat proses terapi.
- Bagaimana membuat rangkaian kemudi (driver) yang digunakan untuk pengaturan dan kemudi pada pemanas (heater).
- Pengontrolan sistem yang dilakukan oleh mikrokontroler AT89C51.

## **1.3 Tujuan**

Merancang dan membuat alat untuk terapi reumathic sehingga dapat mengatasi gangguan penyakit *Rheumatoid Arthritis*, dengan menggunakan mikrokontroller AT 89C51.

#### 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pembahasan ini dengan permasalahan yang dibahas meliputi :

1. Besarnya range suhu yang dikontrol antara  $26^{\circ}\text{C}$  sampai  $45^{\circ}\text{C}$ .
2. Sensor suhu yang digunakan LM 35.
3. Alat hanya untuk mengontrol tegangan serta menampilkan besar suhu, tidak dibahas mengenai catu daya.
4. Aplikasi mikrokontroler menggunakan MCU AT89S51.

#### 1.5 Metodologi.

Metodologi penelitian yang dipakai dalam pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Studi literature dilakukan untuk mencari data teknis dari komponen – komponen yang digunakan serta mempelajari teori – teori yang berhubungan dengan prinsip kerja komponen elektronika tersebut, diantaranya, Sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu, Pengkondisi sinyal analog, *Analog to Digital Counter*, Karakteristik mikrokontroler AT89S51, Rangkaian papan tombol, Peraga LCD.
2. Perancangan dan pembuatan alat,dilakukan secara keseluruhan meliputi, penentuan spesifikasi alat yang akan di buat., Perancangan blok diagram lengkap., penentuan parameter yang akan digunakan., perhitungan komponen yang diperlukan., pembuatan skema rangkaian., pembuatan PCB, pemasangan komponen serta penyolderan untuk mewujudkan rangkaian yang

telah dirancang menjadi system yang diinginkan, pembuatan perangkat lunak.

3. Pelaksanaan uji coba alat, menguji alat yang sudah di buat apa dapat bekerja atau berfungsi sebagaimana yang direncanakan.
4. Validasi software, berupa data yang didapat dari hasil pengujian alat, sebagai pembandingan antara teori dengan hasil analog.
5. Pembahasan komponen elektronika yang digunakan dalam pembuatan alat termoterapi dan elektromassage.
6. Kesimpulan

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Bab I : Menjelaskan tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan perancangan, dan sistematika penulisan.
- Bab II : Menjelaskan teori dasar yang berisi tentang termoterapi, elektromassage, pengkondisi sinyal, ADC, mikrokontroler AT 89C51, keypad sebagai masukan dan LCD secara umum.
- Bab III : Menjelaskan tentang metodologi, perancangan dan pembuatan alat.
- Bab IV : Menjelaskan tentang pengujian dan analisis alat.
- Bab V : Menjelaskan tentang kesimpulan dan saran.
- Lampiran : Berisi tentang gambar rangkaian, daftar komponen dan data IC yang digunakan serta daftar pustaka.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Termoterapi dan Electro massage.

Termoterapi merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menyembuhkan penderita sakit rematik arthiris. Dengan menghangatkan titik-titik pengobatan (*therapeutic*) seperti pada sendi-sendi tulang maka dapat mengurangi rasa nyeri yang diderita oleh penderita rematik *arthiris*.

Untuk pengobatan dengan termoterapi dilakukan pada titik-titik pengobatan. Suhu pada tubuh manusia tidak sama, pada umumnya suhu pada manusia  $37^{\circ}\text{C}$ , suhu pada kulit lapisan atas berkisar antara  $28^{\circ}\text{C}$ -  $31^{\circ}\text{C}$ , suhu pada jaringan bawah kulit (lemak dan otot) yaitu antara  $28^{\circ}\text{C}$ - $37^{\circ}\text{C}$ . Sedangkan suhu pada titik-titik pengobatan (*therapeutic*) terlihat pada table 2.1. Untuk pengobatan dengan termoterapi dapat dilakukan dengan menggunakan *hot pad*, berendam dalam bak yang berisi air hangat, kompres dengan handuk hangat, dan elektroterapi yaitu dengan menggunakan heating pad.

Tabel 2.1 Range temperature untuk Rematik

Temperatur range	Fungsi
$40^{\circ}\text{C}$ - $45^{\circ}\text{C}$	Untuk penderita nyeri-nyeri/linu pada otot
$44.5^{\circ}\text{C}$ - $45.8^{\circ}\text{C}$	Untuk penderita kram otot
$46^{\circ}\text{C}$ - $47^{\circ}\text{C}$	(hanya digunakan pada kulit yang mati rasa karena dapat mengakibatkan luka pada kullit)

Sumber : Lehman JF and deLateur BJ. *Therapeutic Heat*. 1982

*Elektromassage* atau yang disebut juga *bio-stimulation* merupakan salah satu suatu terapi untuk penderita penyakit *rematic arthiris*. Dengan memberikan kejutan atau *massage* pada titik-titik pengobatan (*therapeutic*) dapat mengatasi gangguan nyeri dan kram yang dirasakan oleh penderita *rematik arthiris*.

Untuk penderita nyeri sendi akut terapi dilakukan selama  $\pm 10-60$  menit dengan frekuensi  $0\text{Hz}-80\text{Hz}$  dan untuk penderita nyeri sendi kronik terapi dilakukan selama  $\pm 30$  menit setiap 3 jam sekali dengan frekuensi  $0\text{Hz}-20\text{Hz}$ .

Masalah atau hal-hal yang dapat di atasi dengan menggunakan *electromassage* sesuai dengan frekuensi yang di berikan diantaranya yaitu:

- $\leq 8\text{Hz}$  : mengatasi nyeri akibat *varises*.
- $8\text{Hz}$  : berfungsi *analgesic tonic* dan dapat meredakan nyeri.
- $16\text{Hz}$  : khusus untuk mengatasi rematik.
- $16-32\text{Hz}$  : umumnya untuk mengatasi stress.
- $32\text{Hz}$  : untuk pijat atau memberikan rangsangan pada otot yang kaku (*stimulation*).
- $1-32\text{Hz}$  : untuk mengatasi nyeri akut.

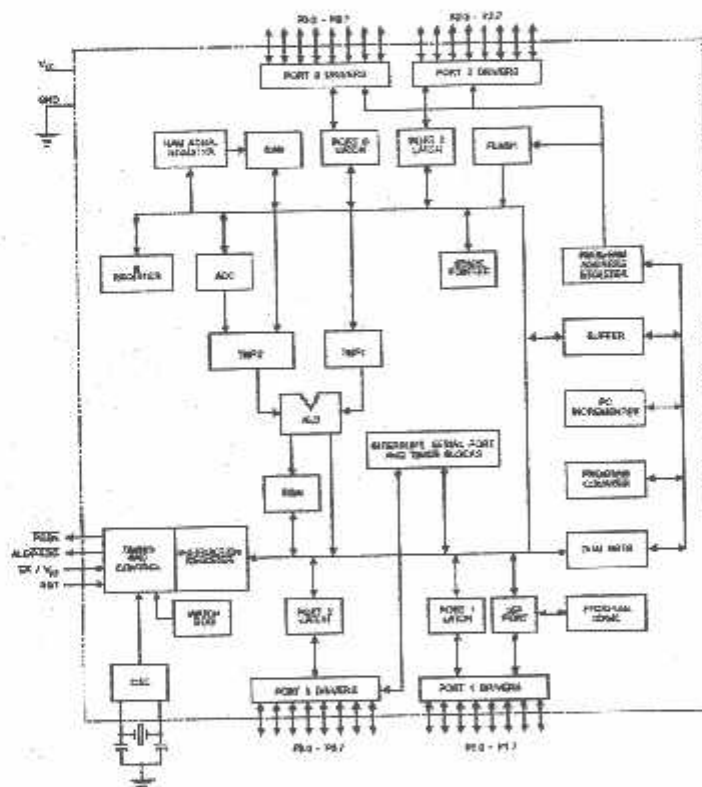
(Sumber : The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy 6 : 309-314).

Selama memakai alat terapi ini tubuh tidak boleh dalam keadaan basah. Hal ini untuk menghindari kemungkinan-kemungkinan terjadi shock elektrik. Karena resistansi kulit dalam kondisi basah sebesar  $150\text{ ohm}$  dan resistansi kulit dalam kondisi kering sebesar  $15\text{ Kohm}$ . Pada siku dan kaki resistansi kulit sebesar  $100\text{ ohm}$ . Jika kulit dalam

keadaan basah dan ada arus yang mengalir sebesar 160 mA maka akan terjadi shock elektrik.

## 2.2 Sistem Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 merupakan keluarga mikrokontroler 8 bit yang mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler MCS-51. AT89S51 merupakan sebuah versi EEPROM dari 89S51AH yang memori program internalnya dapat deprogram dan dihapus secara elektrik, yang diproduksi oleh *ATMEL Corporation*. Adapun blok diagram MCS-51 yang kompatibilitas dengan AT89S51 diperlihatkan dalam gambar 2.1



Gambar 2.1 Blok diagram MCS-51

Sumber: *MCS-51 Data Manual, 1979, 5-7*

Secara umum keistimewaan yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut

- a. Sebuah CPU (*Central Processing Unit*) 8 bit yang termasuk kedalam keluarga MCS-51.
- b. 4Kbyte *Reprogrammable Flash memory*(*On-Chip*).
- c. Kapasitas RAM sebesar 128 byte untuk memori data pada *chip*.
- d. Masukan /keluaran (*input/output*) dan setiap jalur dapat dialamati.
- e. Kecepatan hingga 24 MHz.
- f. Kapasitas memori program eksternal sebesar 64 Kbyte.
- g. Kapasitas memori data eksternal sebesar 64 Kbyte.
- h. Enam jalur selaan (*interup*) dengan lima tingkat prioritas yang dapat diprogram.

### 2.2.1. Organisasi Memori

Mikrokontroler MCS-51 memiliki pembagian ruang alamat untuk program dan data. Memori data diakses oleh alamat 8 bit, tetapi alamat data 16 bit juga dapat dihasilkan mikrokontroler melalui register DPTR (*data pointer register*). Alamat data dan program yang bias dialamati oleh mikrokontroler adalah sebesar 64 kilobyte yaitu dari alamat 0000H-FFFFH.

*PSEN* adalah sinyal yang digunakan untuk memperbolehkan pembacaan memori program eksternal. Mikrokontroler MCS-51 mempunyai dua buah alternative.



*PSEN* untuk pembacaan memori program yaitu internal dan eksternal. Pembacaan memori program eksternal dengan mengset pin *EA* pada logika 0 dan pembacaan memori program internal pin *EA* di set pada logika 1.

AT89S51 memiliki RAM internal 128 *byte* (00H-7FH) yang dapat digunakan untuk menampung data-data yang diperlukan dalam pemrograman, 80 *byte general purpose* (30H-7FH), 32 *byte* (00H-1FH) sebagai *register bank* yang dapat dimanfaatkan seperti RAM biasa, 16 *byte* (20H-2FH) merupakan *bit addressable* yang sangat membantu pemrograman satu bit.

### 2.2.2 Register Fungsi Khusus.

Register fungsi khusus (*Special Function Register, SFR*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80H sampai FFH. Register-register ini hanya diakses dengan pengalamatan langsung, baik perbit maupun per *byte*.

Beberapa kegunaan register fungsi khusus, yang penting dijelaskan sebagai berikut:

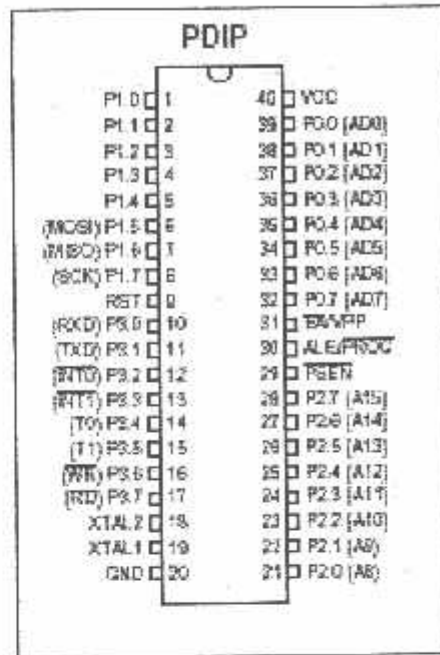
- *Accumulator (ACC)*: merupakan register untuk pin tambahan dan pengurangan . Perintah memori untuk mengakses akumulator disederhanakan sebagai register A
- Register B: merupakan register yang berfungsi untuk melayani operasi perkalian dan pembagian.
- PSW: terdiri dari beberapa bit status yang menggambarkan kejadian di akumulator sebelumnya, yang pengkondisian keadaan akumulator tersebut melalui *flag register* yang terdiri dari *carry flag*, *auxiliary carry flag*, *parity flag*.

*overflow flag*, dua bit pemilih *bank*, dan dua *flag* yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai.

- *Stack Pointer (SP)*: merupakan register 8 bit yang diletakkan di alamat manapun pada RAM internal. Isi register ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi *PUSH* dan *CALL*. Pada saat reset, register SP diinisialisasikan pada alamat 07H, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08H.
- *Data Pointer (DPTR)* terdiri dari dua register, yaitu untuk *byte* tinggi (*Data Pointer High, DPH*) dan *byte* rendah (*Data Pointer Low, DPL*), yang berfungsi untuk mengunci alamat 16 bit.
- Port 0 sampai port 3: merupakan register yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada port 0 sampai 3. Masing-masing register ini dapat dialamati per *byte* maupun per bit.

### 2.2.3. Konfigurasi Pin

Masing-masing kaki atau pin dalam mikrokontroler AT89S51 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler AT89S51, perancangan aplikasi mikrokontroler AT89S51 akan lebih mudah merencanakan dan membuat system yang dirancang. AT89S51 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Susunan kaki mikrokontroler.

Fungsi kaki-kaki AT89S51 adalah:

- a. Port 1 (Pin 1..8), berfungsi sebagai port I/O biasa.
- b. Pin 9 (RST), pulsa transisi dari rendah ke tinggi yang diumpangkan ke pin RST akan mereset AT89S51. Pin ini dihubungkan dengan rangkaian *power on reset*.
- c. Port 3 (Pin 10..17), port parallel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TXD (Transmit Data), RXD (Receive Data), INT0 (Interrupt 0), INT1 (Interrupt 1), T0 (Timer 0), T1 (Timer 1), WR (Write), RD (Read). Apabila fungsi pengganti tidak digunakan, pin-pin ini dapat digunakan sebagai port I/O biasa.
- d. Pin 18 (XTAL1), merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal. Osilator kristal dan sumber osilator luar dapat digunakan.

- e. Pin 19 (XTAL2), merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- f. Pin 20 (*Ground*), dihubungkan ke VSS atau *ground*.
- g. Port 2 (Pin21..28), port parallel 8 bit dua arah, dapat digunakan sebagai port I/O 8 bit biasa dan digunakan untuk mengirim *byte* alamat bila digunakan untuk mengakses memori eksternal.
- h. Pin 29 (*PSEN/Program Store Enable*), merupakan pengontrol yang digunakan untuk mengakses program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan instruksi.
- i. Pin 30 (*ALE*), digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- j. Pin 31 (*EA*), bila pin diberikan logika tinggi, maka mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM. Bila diberikan logika rendah, mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari memori program luar.
- k. Port 0 (Pin 32..39), merupakan port parallel 8 bit *open drain* dua arah. Port 0 dapat digunakan sebagai port I/O biasa dan dapat juga digunakan untuk mengakses memori eksternal.
- l. Pin 40 (*VCC*), dihubungkan ke VCC (+5 volt).

## 2.3 Sensor Suhu

Sensor suhu berfungsi sebagai transduser yang mengubah data temperature yang terbaca menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu harus mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu yang akan diukur.

Sensor suhu yang dipakai dalam perencanaan alat ini adalah IC LM35 produksi National Semikonduktor. IC ini mempunyai ketelitian dan ketepatan yang tinggi serta mempunyai jangkauan yang memadai untuk pengontrolan yang umum.

IC LM35 memiliki impedansi keluaran rendah, keluaran linier dan ketepatan kalibrasi membuat mudah mengantarmukakan pembacaan keluaran atau pengontrolan. Dengan sensitivitas  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ , keluaran mengalami perubahan  $10\text{mV}$  untuk setiap kenaikan suhu  $1^{\circ}\text{C}$ . Jangkauan operasi suhu  $0^{\circ}\text{C}$ - $100^{\circ}\text{C}$ . Mempunyai ketelitian  $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$  pada suhu ruang dan  $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$ - $100^{\circ}\text{C}$ . Dengan arus yang rendah yaitu  $60\mu\text{A}$ , mempunyai pemanasan sendiri yang sangat rendah kurang dari  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Dapat digunakan dengan catu daya tunggal atau dengan catu daya simetris plus dan minus. Gambar 2.4 menunjukkan konfigurasi pin-pin sensor suhu IC LM35.



Gambar 2.4. Konfigurasi pin-pin sensor suhu IC LM35

## 2.4 Pengkondisi Sinyal Analog

Biasanya sinyal dari sensor suhu sangat lemah dan cenderung berubah-ubah. Pengkondisi sinyal analog dibutuhkan untuk menguatkan sinyal dan menyangga agar perubahan sinyal tidak mempengaruhi system. Pengkondisi sinyal analog dibuat dengan menggunakan *op-amp* (*operasional amplifier*) yang difungsikan sebagai penguat penyangga (*buffer*) dan penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*).

### 2.4.1. Penguat Penyangga .

Penguat penyangga merupakan penguat yang kegunaannya untuk penguatan tanpa pembalikan fasa. Artinya sinyal output penguat sefasa dengan sinyal input penguat yang diberikan. Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.5 bahwa tahanan umpanbaliknya tidak ada sehingga seluruh tegangan keluaran akan diumpanbalikkan ke masukan. Penguat tegangan dari penguat penyangga ini sama dengan satu, dimana :

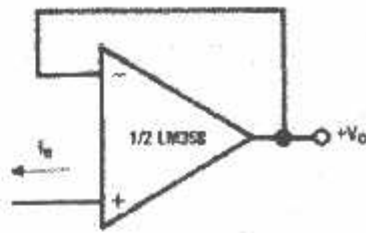
$$A = \frac{V_o}{V_i} = 1 \dots\dots\dots(1)$$

$V_i$  = Tegangan masukan

$V_o$  = Tegangan keluaran

Oleh karena itu penguat penyangga disebut juga dengan pengikut tegangan keluaran penguat mengikuti tegangan masukan baik besarnya maupun fasanya.

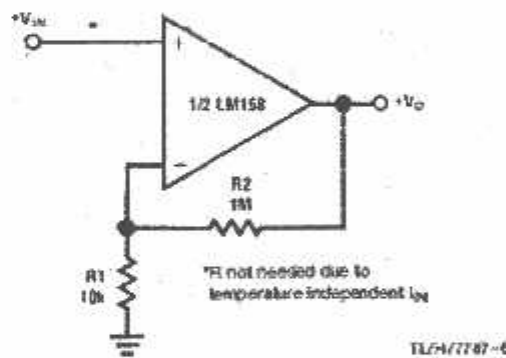
Penguat penyangga ini digunakan untuk mengisolasi suatu tingkat penguat dari penguat berikutnya agar tidak terbebani. Selain itu penguat penyangga juga dipakai untuk penyesuaian impedansi yang biasanya mempunyai impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah.



Gambar 2.5 Penguat penyangga

### 2.4.2. Penguat Tak Membalik (*Non-Inverting Amplifier*)

Penguat tak membalik (non-inverting amplifier) adalah penguat yang sinyal inputnya diberikan ke masukan non-inverting (terminal positif). Tegangan keluaran umpan balikkan ke masukan inverting. Rangkaian dari penguat non-inverting ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Penguat Non-Inverting

Besarnya penguatan untuk penguat tak membalik adalah sebagai berikut :

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots(2)$$

Penguat tak membalik menghasilkan sinyal keluaran sefasa dengan masukan. Mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran rendah.

## 2.5 Pengubah Analog Ke Digital

Pengubah analog ke digital (*Analog to digital converter/ADC*) mengubah sinyal analog (kontinyu) ke bentuk sinyal digital dengan pendekatan sesuai jumlah digit yang digunakan. Pada prinsipnya ADC adalah mengukur sinyal analog dan mengubahnya menjadi bilangan biner. Beberapa teknik pengubah telah diciptakan untuk pengubahan analog ke digital. Masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan parameter utama yang dipakai untuk menilai keunggulan tiap teknik biasanya adalah kecepatan, harga dan kepekaan.

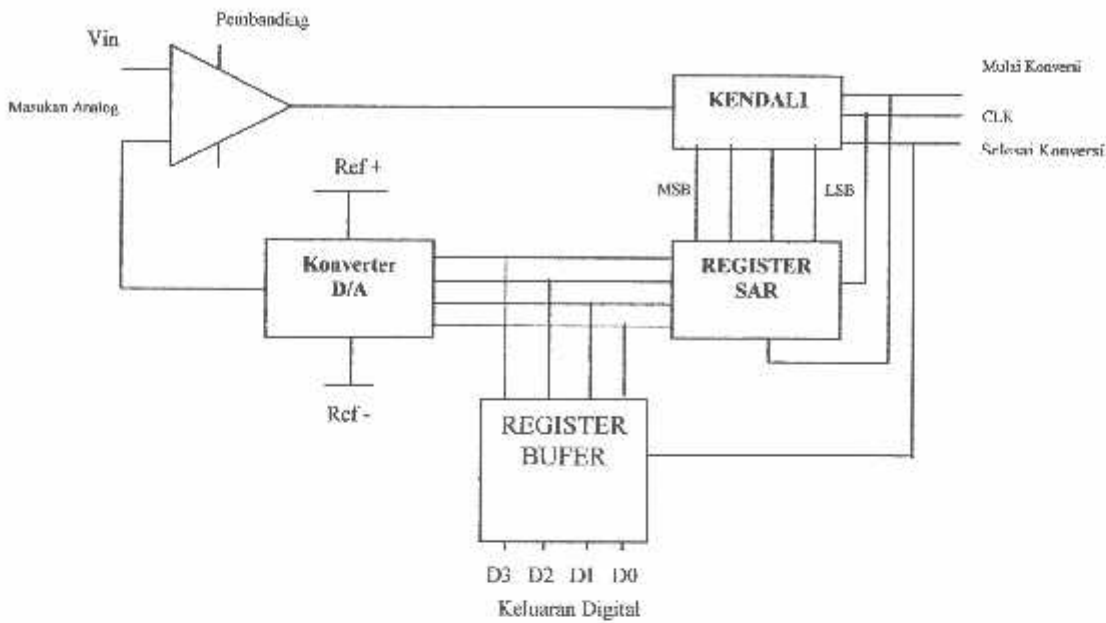
Ada 4 metode pengubah sinyal analog ke digital, yaitu :

- a. Metode Pendekatan Berturut-turut (*Successive Approximation*).
- b. Metode Pencacah Tanjakan (*Ramp*).
- c. Metode Teknik Servo.
- d. Metode Pengubah Serempak (*Flash*).

### 2.5.1. Metode Pendekatan Berturut-turut (*Successive Approximation*).

ADC yang bekerja berdasarkan metode pendekatan berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 2.7. Pada gambar ini,  $V_{in}$  adalah tegangan masukan analog dan  $D_0$  sampai  $D_3$  adalah keluaran digital. Register SAR (*Successive Approximation Register*) adalah register pendekatan berturut-turut. Register *buffer* adalah register tempat menyimpan data digital hasil konversi.





Gambar 2.7. ADC metode pendekatan berturut-turut

Konversi ADC metode pendekatan berturut-turut mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Jika sinyal mulai konversi berubah dari logika tinggi ke logika rendah, register SAR akan dikosongkan dan  $V_{out}$  bernilai nol. Ketika sinyal mulai konversi kembali berlogika tinggi, pulsa detak pertama akan menyebabkan rangkaian kendali menyet MSB dalam register SAR, yang memberikan keluaran 1000.
- b. Setelah keluaran digital ini muncul, mulai  $V_{out}$  menjadi  $8/15$  dikalikan skala penuh. Bila nilai ini lebih besar dari pada  $V_{in}$ , keluaran negative dari pembanding akan menyebabkan rangkaian kendali akan menyet MSB register SAR. Tetapi jika  $V_{out}$  mengisi lebih kecil dari pada  $V_{in}$ , keluaran positif dari pembanding akan tetap menyet MSB register SAR.
- c. Pada pulsa-pulsa detak berikutnya secara berturut-turut, bit MSB yang lebih rendah pada register SAR akan diset dan diuji. Bila suatu bit menyebabkan nilai  $V_{out}$  melebihi  $V_{in}$ , maka bit yang bersangkutan akan direset, tetapi bila nilai  $V_{out}$

kurang dari  $V_{in}$ , maka bit yang bersangkutan akan diset. Langkah ini dilakukan sampai bit MSB terakhir (LSB).

- d. Apabila konversi telah selesai dilakukan, rangkaian kendali membangkitkan sinyal selesai konversi register *buffer* dengan nilai digital akhir hasil konversi.

Beberapa parameter yang perlu diperhatikan didalam converter analog ke digital, antara lain :

- a. Resolusi

Resolusi merupakan spesifikasi terpenting untuk converter, yang merupakan perbandingan antara pin LSB dengan keluaran maksimum dan juga ukuran dari tingkat-tingkat pin LSB. Dapat juga dinyatakan dalam jumlah bit yang ada dalam setiap satu data digital. Misalnya sebuah konverter 8 bit mempunyai resolusi 8 bit. Resolusi converter menjadi baik bila jumlah bit semakin besar.

- b. Akurasi

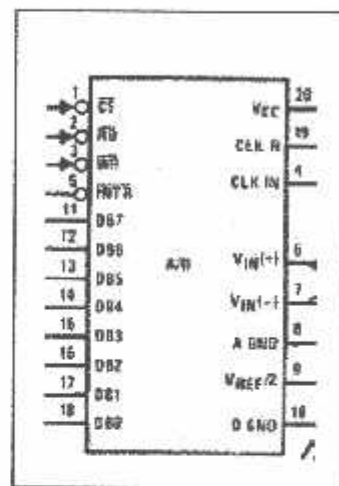
Akurasi adalah jumlah dari semua kesalahan, misalnya kesalahan *non linieritas* skala penuh, skala nol dan lain-lain. Dapat juga dinyatakan perbedaan antara tegangan *input* analog secara teoritis yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan *input* nyata yang menghasilkan tegangan kode biner tertentu.

- c. Waktu Konversi

Waktu konversi merupakan parameter yang cukup penting dalam converter analog ke digital, karena waktu konversi merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengkonversi setiap *sample* sinyal analog menjadi digital, sehingga waktu konversi ini akan mempengaruhi kecepatan converter didalam mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital.

## 2.5.2. ADC 0804

ADC 0804 merupakan sebuah converter analog ke digital yang beroperasi dengan menggunakan metode pendekatan berturut-turut (Successive Approximation). Gambar 2.8 adalah diagram blok dari rangkaian terpadu ini, yang mana dalam rangkaian tersebut terdapat pin-pin yang mempunyai fungsi masing-masing.



Gambar 2.8 Diagram pin ADC 0804

Sumber : Rizkiawan, 1997 : 118

Pin 18 sampai 11 adalah keluaran digital. Apabila pin CS dan rRD tidak aktif, keluaran digital akan berlogika tinggi. Sedangkan bila CS dan RD diberi logika rendah, akan menghasilkan keluaran.

Pin WR bila dibuat aktif bersamaan CS akan memulai konversi. Bila WR = 0 konversi akan direset. Setelah WR berubah ke 1 konversi langsung dimulai. Pin 4 merupakan sinyal clock masukan. Clock ini dapat berupa eksternal, atau internal dengan menambahkan rangkaian RC antara CLK *in* dan CLK *out*.

Vin (+) dan Vin (-) adalah sinyal masukan diferensial. Jika Vin (+) dihubungkan ke ground, Vin (-) digunakan untuk masukan negative. Sedangkan jika Vin (-) yang dihubungkan ke ground, Vin (+) dihubungkan kemasukan positif.

Pin 9 adalah tegangan referensi maksimum sinyal analog. Bila sinyal ini tidak dihubungkan, tegangan referensinya sama dengan Vcc. Jika ingin menggunakan tegangan maksimum yang berbeda dengan Vcc, pin ini dihubungkan dengan tegangan  $\frac{1}{2}$  kali tegangan maksimum yang diinginkan.

Pin 5 (INTR) akan menunjukkan bahwa konversi telah selesai. Ketika dimulai konversi INTR akan mengeluarkan logika tinggi. Jika konversi selesai INTR akan mengeluarkan logika rendah.

## 2.6. Papan Tombol Masukan (*Keypad*)

Keypad sering digunakan sebagai media masukan dalam berbagai aplikasi elektronik. Rangkaian keypad berupa pin baris dan kolom dihubungkan langsung ke pin mikrokontroler. Keypad yang digunakan berupa keypad matriks 3X4 yang terdiri dari 3 kolom dan 4 baris. Bila salah satu tombol keypad ditekan maka output yang dihasilkan berupa kombinasi baris dan kolom tersebut.

1	2	3
ABC	DEF	GHI
4	5	6
JKL	MNO	PQR
7	8	9
STU	VWX	YZ
*	0	#

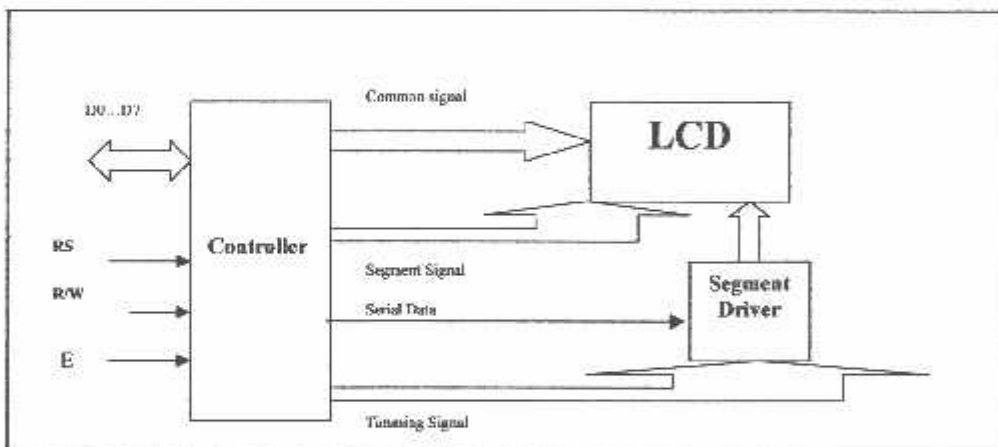
Gambar 2.4 Keypad Matriks

Sumber : WillisJ. Tompkins, John G. Webster

## 2.7 Liquid Crystal Display (LCD)

Modul peraga yang digunakan dalam aplikasi ini adalah LCD modul M1632. Modul LCD ini membutuhkan daya yang kecil dan dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang terpasang dalam modul tersebut. Pengendali mempunyai pembangkit karakter ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi display diatur oleh instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan dihubungkan dengan unit mikroprosesor. LCD tipe ini tersusun sebanyak dua baris dengan 16 karakter.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termultiplek dengan bus alamat serta tiga sinyal control. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD. Diagram blok untuk LCD dapat dilihat dalam gambar 2.10.



Gambar 2.10. Diagram blok LCD M1632

Sumber: Seiko, 1987: 3

LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi perangkat keras sebagai berikut :

1. 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri dari 5 x 7 dot matrik ditambah kursor
2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter
3. Pembangkit karakter RAM untuk 8 jenis karakter
4. 80 x 8 display data RAM (maksimum 8 karakter)

5. Osilator internal
6. Catu daya +5 volt
7. Secara otomatis akan reset saat catu daya dinyalakan

LCD M1632 mempunyai 16 pin atau penyemat yang mempunyai fungsi-fungsi seperti yang ditunjukkan dalam Table 2.2.

Tabel 2.2. Fungsi pin-pin LCD M1632

No	Nama Penyemat	Fungsi
1	Vss	Terminal Ground
2	Vcc	Tegangan catu +5 volt
3	Vee	Drive LCD
4	RS	Sinyal pemilih register 0: Instruksi register (tulis) 1: Data Register (tulis dan baca)
5	R/W	Sinyal seleksi tulis dan baca 0: Tulis 1: Baca
6	E	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data dan baca
7-14	DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan
15	V+ BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 4-4,42 dan 50-500mA
16	V- BL	Pengendali kecerahan latar belakang LCD 0V

**BAB III**  
**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**  
**TERMOTERAPI DAN ELEKTROMASSAGE**

Alat yang direncanakan ini berfungsi untuk terapi rematik yang dapat diatur suhu dari termoterapi dan frekuensi *electromassage /bio-stim* sehingga dapat mengatasigangguan rematik *arthiris* dengan menggunakan mikrokontroller AT 89S51.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang proses perancangan dan pembuatan system pengaturan heater dan frekuensi tersebut. Perancangan dilakukan dengan merencanakan dan membuat blok diagram system agar dapat bekerja sesuai dengan perencanaan system secara keseluruhan dan menyesuaikan dengan spesifikasi yang diinginkan.

Perancangan system pengaturan suhu *heater* dan frekuensi ini terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras meliputi rangkaian sensor, rangkaian pengkondisi sinyal analog, rangkaian *Analog to Digital Counter (adc)*, system mikrokontroler tombol (*keypad*), dan rangkaian pengendali pemanas. Sedangkan perancangan perangkat lunak terdiri dari program utama dan subroutine program. Perangkat lunak ini diperlukan untuk mengendalikan system mikrokontroler AT 89S51 sehingga hardware dapat bekerja sesuai fungsinya.

**3.1. Metodologi perancangan alat.**

Metodologi yang dilakukan dalam perancangan alat ini adalah sebagai berikut:

### **3.1.1 Studi Literatur.**

Studi literature dilakukan untuk mencari data teknis dari komponen-komponen yang digunakan serta mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan prinsip kerja komponen elektronik tersebut, diantaranya:

1. Sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu.
2. Pengkondisi sinyal analog.
3. *Analog to Digital Counter*.
4. Karakteristik mikrokontroler AT89S51.
5. Rangkaian papan tombol.
6. Peraga LCD.

### **3.1.2 Perencanaan Alat.**

Dalam tahap ini dilakukan perencanaan secara keseluruhan, meliputi:

1. Penentuan spesifikasi alat yang akan dibuat.
2. Perancangan blok diagram lengkap.
3. Penentuan parameter yang akan digunakan .
4. Perhitungan komponen yang diperlukan.
5. Pembuatan skema rangkaian.

### **3.1.3 Pembuatan Alat**

Pembuatan alat ini meliputi:

1. Pembuatan PCB



2. Pemasangan komponen serta penyolderan untuk mewujudkan rangkaian yang telah dirancang menjadi system yang diinginkan.
3. Pembuatan perangkat lunak.

### 3.2. Penentuan Spesifikasi Alat

Penentuan spesifikasi alat dditetapkan sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi system pengaturan suhu dan frekuensi yang direncanakan adalah sebagai berikut:

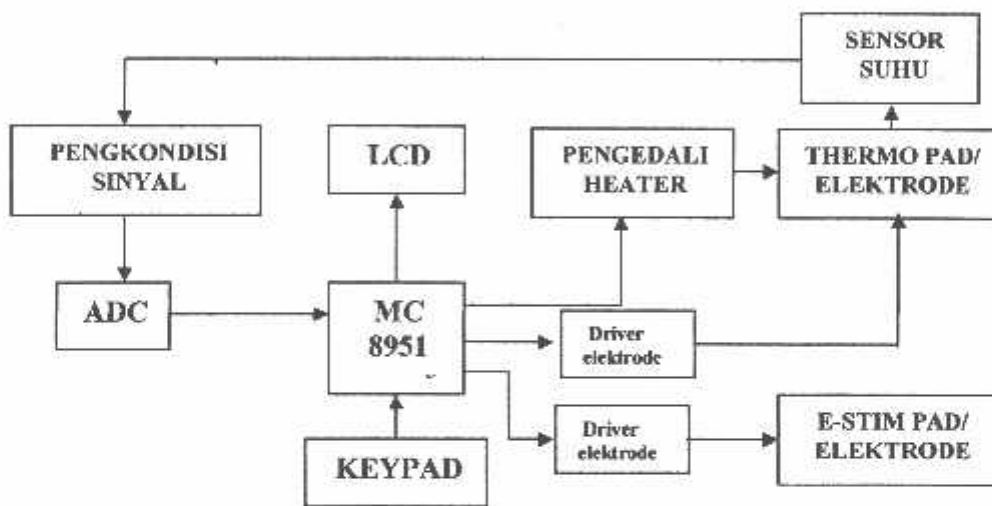
- Mode terapi : manual
- Frekuensi tegangan : 50 Hz –60 Hz.
- Tegangan jala-jala : 220 Vac
- Temperatur setting : 26°C-45°C.
- Tingkatan suhu setting : 19 tingkat (step).
- Ketelitian tingkat setting suhu : 1°C.
- Indikator : LCD sebagai indicator tampilan frekuensi dan suhu yang di-setting.

### 3.3. Perangkat Keras

Dalam perancangan perangkat keras, tahap yang terpenting adalah mengenai diagram blok. Dari diagram blok tersebut dapat diketahui perangkat keras apa saja yang dipergunakan dalam perancangan dan juga cara kerja dari system yang terdapat pada alat tersebut

### 3.4. Blok Diagram Rangkaian

Diagram blok rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan system ini, karena dari blok rangkaian dapat diketahui cara kerja (prinsip kerja) keseluruhan rangkaian. Sehingga keseluruhan diagram blok rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu system yang dapat difungsikan atau system yang bekerja sesuai dengan perancangan. Keseluruhan diagram blok rangkaian dapat dilihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

Sesuai dengan blok diagram yang ditunjukkan dalam blok diagram diatas, maka peralatan yang dirancang terdiri dari:

- a. Rangkaian sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi suhu.

- b. Rangkaian pengkondisi sinyal analog yang berfungsi untuk mengkondisikan sinyal keluaran sensor yang diumpankan ke ADC sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
- c. Analog to Digital Converter (ADC) untuk merubah data analog keluaran sensor suhu menjadi data digital.
- d. Sistem mikrokontroler AT 89S51 sebagai pengendali utama.
- e. LCD untuk menampilkan nilai set-point dan nilai suhu yang sedang dideteksi.
- f. Papan tombol (keypad) sebagai masukan nilai set-point.
- g. Rangkaian pengendali pemanas berupa transistor yang berfungsi sebagai pengatur heater.

### 3.5 Cara Kerja Rangkaian

Cara kerja rangkaian diawali dengan adanya masukan melalui *keypad*. Fungsi *keypad* dalam peralatan ini sebagai masukan yang memberikan variable instruksi kepada mikrokontroler. *Keypad* terhubung dengan mikrokontroler pada port 0 (port 0.0-port 0.6). Dengan demikian jika tidak ada penekanan tombol tersebut akan berlogika 1 dan jika ada penekanan tombol pada *keypad* maka akan berlogika 0.

Kemudian masukan dari *keypad* diproses oleh mikrokontroler. Mikrokontroler akan memberikan data dari *keypad* ke LCD yang digunakan sebagai komponen indicator visual melalui port D0...D7. Pengaturan frekuensi untuk *electromassage/biostim* dilakukan dengan menggunakan *software* yaitu pada pin 3.7 pada mikrokontroler.

Untuk terapi dengan menggunakan termo atau panas, setelah data masukan di tampilkan pada LCD, mikrokontroler akan mengaktifkan pengendali heater yang terhubung pada pin 3.4. Pengendali *heater* yang digunakan yaitu ULN 2003 yang berfungsi sebagai transistor *switching*. Elektroda *heating pad* akan menghasilkan panas. Pada saat elektroda *heating pad* menghasilkan panas, sensor suhu akan mendeteksi berapa suhu yang dihasilkan. Sensor suhu yang digunakan mempunyai karakteristik dapat mendeteksi suhu  $-50^{\circ}\text{C}$  hingga  $150^{\circ}\text{C}$ .

Sensor suhu dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal yang akan memperkuat tegangan. Penguatan dilakukan sebesar 2X kali, karena setiap tingkat perubahan sensor suhu sebesar  $10\text{mV}/\text{step}$ , sedangkan kenaikan tiap tingkat pada ADC 0804 sebesar  $20\text{mV}/\text{step}$ . Dikarenakan hal tersebut maka untuk mensinkronkan rangkaian sensor suhu dengan rangkaian ADC0804 digunakan rangkaian penguat. Komponen ADC0804 digunakan untuk mengkonversi sinyal analog ke digital.

Pada ADC0804 terdapat pin  $V_{in}$  (+) yang merupakan masukan sinyal analog dari setiap pendeteksian suhu yang dideteksi oleh sensor suhu. Pin DB0...DB7 merupakan pin keluaran data digital hasil konversi dari adanya masukan sinyal analog pada pin  $V_{in}$  (+). ADC akan terus menerus membaca tegangan masukan analog dari setiap pendeteksi suhu yang dilakukan oleh sensor suhu. Begitu analog tersebut diterima dan diproses oleh ADC0804 dan setelah menjadi sinyal digital maka INTR akan memberikan interupsi kepada mikrokontroler.



IC LM35 mempunyai keandalan yang tinggi dengan impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah. Mempunyai sensitivitas  $\pm 10\text{mV}/^\circ\text{C}$  dan jangkauan operasi suhu  $0^\circ\text{C}$  sampai  $100^\circ\text{C}$ . Tegangan catu yang digunakan  $5\text{Vdc}$ . Tegangan keluaran dari sensor adalah  $10\text{ mV}/^\circ\text{C}$ . Jangkauan pengaturan suhu yang direncanakan adalah  $30^\circ\text{C}$  hingga  $45^\circ\text{C}$ , sehingga keluaran sensor adalah  $300\text{ mV}$  sampai  $450\text{mV}$ . Keluaran dari sensor suhu selanjutnya dihubungkan ke pengkondisi sinyal.

### 3.6.2. Rangkaian Pengkondisi Sinyal Analog.

Untuk memperoleh resolusi suhu yang diinginkan bisa ditanggapi oleh ADC yang digunakan maka keluaran sensor suhu harus dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal analog. Pengkondisi sinyal analog terdiri dari penguat penyangga (*buffer*) dan penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*). Rangkaian pengkondisi sinyal analog berupa penguat *buffer* dan penguat *non-inverting* ditunjukkan dalam Gambar 3.3.

Penguat penyangga atau pengikut tegangan berfungsi untuk merubah tegangan pada impedansi tinggi menjadi tegangan yang sama pada impedansi rendah. Karena sensor suhu LM35 menghasilkan tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan suhu, maka penguat penyangga memastikan agar sinyal ini tidak terpengaruh oleh pembebanan dari penguat berikutnya.

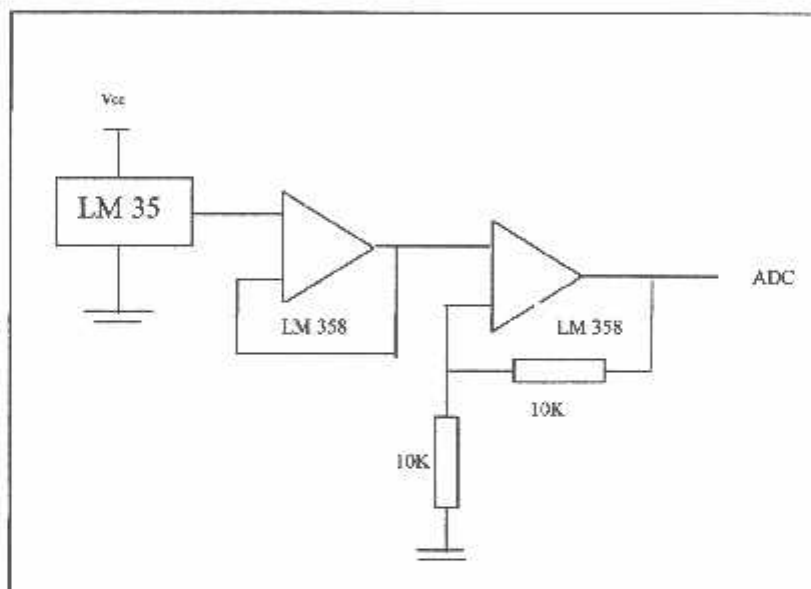
Keluaran dari penguat penyangga dikuatkan lagi oleh penguat *non-inverting*. Besarnya penguat dari penguat *non-inverting* ini akan ditentukan oleh besarnya resolusi pengukuran suhu yang diinginkan. Jika keluaran tegangan dari

sensor adalah  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  maka besar tegangan ini adalah  $\frac{1}{2}$  LSB dari resolusi ADC 0804 dengan  $V_{\text{ref}}$  sama dengan 5Volt, diman resolusi 1 LSB adalah:

$$\text{Resolusi} = \frac{5\text{volt}}{2^8 - 1} = 19,6\text{mVolt} \approx 20\text{mVolt}$$

Agar resolusi suhu menjadi  $1^\circ\text{C}$  dan keluaran dari sensor ditanggapi oleh ADC sebesar 1LSB, maka besar penguatan adalah:

$$A = \frac{20\text{mV}}{10\text{mV} \times 1} = 2\text{kali}$$



Gambar 3.3. Rangkaian pengkondisi sinyal

Untuk memperoleh penguatan dua kali maka nilai  $R_1$  dan  $R_2$  dapat dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

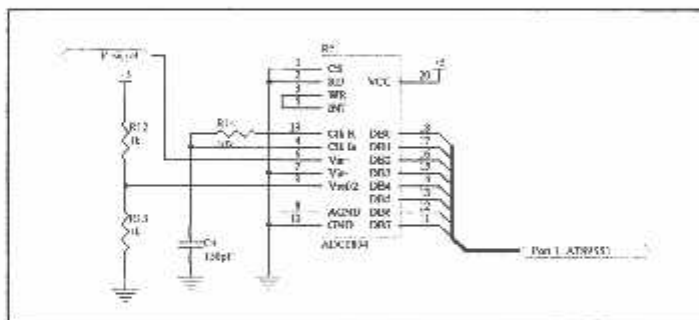
$$2 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Sehingga  $R_2 = R_1$

### 3.6.3. Rangkaian *Analog to Digital Converter*.

Agar dapat diproses oleh mikrokontroler maka sinyal yang masuk kedalam mikrokontroler harus merupakan sinyal digital. Untuk itu sinyal dari sensor suhu yang telah diperkuat harus dikonversikan terlebih dahulu menjadi sinyal digital dengan rangkaian ADC. Dalam perancangan ini dipergunakan ADC 0804.

Rangkaian konversi analog ke digital yang mempergunakan ADC 0804 dalam perancangan system ini dapat dilihat dalam Gambar 3.4



Gambar 3.4 Rangkaian ADC 0804

Rangkaian ADC ini mempunyai 8 bit keluaran (DB0-DB7) yang dihubungkan ke masukan mikrokontroler. Sedangkan masukannya adalah keluaran sensor suhu yang telah diperkuat, yang dihubungkan ke terminal Vin (+). Masukan yang diterima ADC ini dibatasi antara 0 sampai 5 volt (*datasheet*). Pada pin CS dan RD diberi logika rendah, karena pada pin CS ini akan mengaktifkan



ADC 0804 sedangkan untuk pin RD berfungsi agar ADC 0804 secara terus-menerus melakukan pembacaan data dari pendeteksian sensor suhu. Untuk pin INTR dihubungkan juga ke pin WR. Ketika adanya data konversi maka pin INTR akan aktif, dan aktifnya pin ini akan mengaktifkan pin WR yang akan melakukan pemberian atau penulisan data kepada mikrokontroler.

ADC 0804 membutuhkan tegangan referensi per dua ( $V_{ref}/2$ ) sebesar setengah dari jangkauan masukan analognya. Karena masukan tegangan analog yang direncanakan maksimum sebesar 5Volt maka dibutuhkan tegangan referensi 2,5 Volt. Tegangan ini diperoleh dari pembagi tegangan R12 dan R13. Jika pada R12 dan R13 diberikan resistansi 1 k $\Omega$  maka nilai tegangan referensinya.

$$V_{ref} = \frac{R_{13}}{R_{12} + R_{13}} \times V_{masukan\ maksimum} = \frac{1K\Omega}{1K\Omega + 1K\Omega} \times 5\ volt = 2,5\ volt$$

Kerja ADC 0804 akan optimum bila frekuensi clock yang digunakan sebesar kHz (*data sheet*). Dengan menentukan R atau R14 sebesar 10 k $\Omega$  maka akan diperoleh nilai C atau C4 sebesar :

$$f = \frac{1}{1,1RC}$$

$$c = \frac{1}{1,1 \times 640.10^3\ Hz \times 10.10^3\ \Omega} = 142.10^{-12}\ F \cong 150\ pf$$

ADC 0804 tersebut dapat juga diketahui persen resolusinya. Berdasarkan *data sheet* ADC 0804 mempunyai 8 bit keluaran. Dari bit keluaran yang terdapat pada ADC ini dapat diketahui persen resolusi.

$$\% \text{Resolusi} = \frac{1}{2^n - 1} \times 100\%$$

dimana (n) menyatakan banyaknya jumlah bit keluaran yang terdapat dalam ADC ini.

$$\% \text{Resolusi} = \frac{1}{2^8 - 1} \times 100\% = 0,392\%$$

Untuk mengetahui kenaikan tegangan setiap *step* (langkah) atau resolusi tegangan yang terdapat pada ADC 0804 ini, dapat dilakukan dengan mengetahui tegangan masukan maksimum yang dapat dideteksi oleh ADC. Berdasarkan *datasheet* tegangan masukan maksimum untuk ADC 0804 adalah sebesar 5 volt.

$$\% \text{Resolusi} = \frac{\text{Kenaikan tegangan setiap step}}{\text{Tegangan skala penuh}} \times 100\%$$

$$0,392\% = \frac{\text{Kenaikan tegangan setiap step}}{5 \text{ volt}} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan tegangan setiap step} = \frac{0,392\%}{100\%} \times 5 \text{ volt} = 19,6 \text{ mV} \cong 20 \text{ mV}$$

Kenaikan tegangan setiap *step* = tegangan resolusi ADC 0804 = 19,6 mV  $\cong$  20 mV.

Resolusi pembacaan suhu yang dapat dilakukan oleh ADC 0804 dapat diketahui.

$$\Delta T = \frac{\Delta V_T}{\text{Resolusi sensor suhu}}$$

dengan:

$\Delta T$  = Resolusi pembacaan sensor suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$$\begin{aligned} \Delta V_T &= \frac{\text{Tegangan untuk setiap perubahan 1 bit LSB}}{\text{Penguatan (gain) pada rangkaian pengkondisi sin yal}} \\ &= \frac{\text{Tegangan tegangan keluaran rangkaian pengkondisi sin yal}}{\text{Penguatan (gain) pada rangkaian pengkondisi sin yal}} \end{aligned}$$

Resolusi sensor suhu sebesar 10 mV/ $^{\circ}\text{C}$

Adapun besarnya resolusi pembacaan suhu adalah sebagai berikut :

$$\Delta T = \frac{10 \text{ mV}}{10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}} = 1^{\circ}\text{C}$$

Dari frekuensi clock tersebut maka dapat diketahui pula waktu konversi yang digunakan oleh ADC 0804 dalam melakukan konversi data dari sinyal analog ke sinyal digital. Waktu konversi tersebut didapatkan dari perbandingan terbalik frekuensi yang digunakan dalam ADC 0804 tersebut.

$$\begin{aligned} \text{Waktu konversi} &= \frac{1}{f_{\text{clock}}} \\ t &= \frac{1}{640 \cdot 10^5} \\ &= 1,56 \mu\text{s} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa waktu konversi yang digunakan ADC ini dalam melakukan konversinya sebesar 1,56 $\mu\text{s}$ , dan waktu

konversi ini sesuai dengan ketentuan *datasheet* ADC 0804, dimana waktu konversinya tersebut maksimum 100  $\mu$ s.

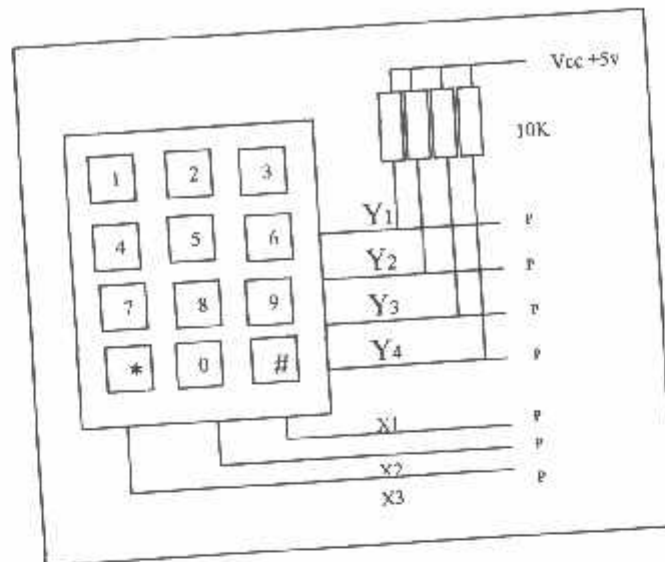
#### 3.6.4. Tombol Masukan (*Keypad*).

Papan tombol atau *keypad* digunakan untuk memasukkan nilai set point yang diinginkan. Untuk menterjemahkan nilai yang diterima maka papan tombol dihubungkan ke Port 1 mikrokontroler AT89S51.

Papan tombol yang digunakan adalah papan tombol matrik 3 x 4 yang terdiri dari 4 baris dan 3 kolom. Baris dan kolom tersebut nantinya difungsikan sebagai masukan dan keluaran.

Deretan baris dihubungkan ke pull up dan ke Port 0 (P0.0 – P0.6) yang difungsikan sebagai input mikrokontroler. Sedangkan deretan kolom difungsikan sebagai *scan keypad* yaitu dengan memberikan logika nol secara bergantian disetiap kolom untuk menentukan posisi tombol yang ditekan dalam 1 baris.

Dengan demikian kalau tombol tidak ditekan maka masukan P0.0 –P0.6 yang terhubung dengan tombol tersebut akan berlogika 1 sementara kalau ditekan akan berlogika 0. Rangkaian hubungan papan tombol dengan mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Rangkaian dan hubungan *keypad* dengan mikrokontroler

### 3.6.5 Tampilan LCD.

Tampilan dalam perancangan ini digunakan suatu tampilan berupa LCD (*liquid crystal display*), yang mana LCD ini memudahkan untuk melihat secara *visual* terhadap tampilan dari pengaturan yang diinginkan terhadap frekuensi untuk *elektromassage/bio-stimulator* berupa kejutan dan suhu panas untuk *thermotherapy*. Dalam perancangan ini dipergunakan LCD dot matrik 5x7 untuk tampilan 2 x 16 karakter.

Tampilan dalam perancangan ini dipergunakan LCD tipe M1632. LCD ini memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- LCD ini terdiri dari 32 karakter dengan 2 baris masing-masing 16 karakter dengan *display* dot matrik 5 x 7.
- Karakter generator ROM dengan 192 tipe karakter.
- Karakter generator RAM dengan 8 bit karakter.
- 80 x 8 bit *display* data RAM.
- Dapat diinterfacekan ke MCU 8 atau 4.

- f. Dilengkapi fungsi tambahan; *display clear, cursor home, display on/off, cursor on/off, display character blink, cursor shift, display shift.*
- g. Internal data.
- h. Internal otomatis, reset pada saat *power on.*
- i. Tegangan =5 volt PSU tunggal.

*Liquid crystal display* ini mempunyai konsumsi daya yang relative rendah dan terdapat sebuah kontroler CMOS di dalamnya. Kotroler tersebut sebagai pembangkit dari karakter ROM/RAM dan *display data RAM*. Semua fungsi tampilan dikontrol oleh suatu instruksi dan modul LCD dapat dengan mudah untuk diinterfacekan dengan mikrokontroler.masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang masih termultiflex dengan bus alamat serta 3 bit sinyal control. Sementara pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh controler yang sudah ada pada modul LCD.

Dasar-dasar pengoperasian LCD ini terdiri atas pengoperasian dasar pada register, *busy flag, address counter, display data RAM*>

a. *Register.*

Kontroler dari LCD mempunyai 2 buah register 8 bit yaitu register instruksi (IR) dan register data (DR). IR menyimpan instruksi seperti *display clear, cursor shif* dan *display data (DD RAM)* serta *character generator (CG RAM)*.DR menyimpan data untuk ditulis di DD RAM atau CG RAM maka DR secara otomatis menulis data ke DD RAM atau CG RAM. Ketika data pada DD RAM atau CG RAM akan dibaca maka

alamat data ditulis pada IR sedangkan data dimasukkan melalui DR dan mikrokontroler membaca data dari DR.

b. *Busy Flag*

*Busy flag* menunjukkan bahwa *module* siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana yang terlihat pada Tabel 3.1, register seleksi sinyal akan melalui DB7 jika RS=0 dan R/W=1. Jika bernilai 1 maka modul LCD sedang melakukan kerja internal dan instruksi tidak akan diterima. Oleh karena itu status dari *flag* harus diperiksa sebelum melaksanakan instruksi selanjutnya.

Tabel 3.1. Register seleksi.

RS	R/W	OPERASI
0	0	Seleksi IR, IR Write Display Clear
0	1	<i>Busy Flag</i> (DB7) @ counter (DB0-DB7) read
1	0	Seleksi DR, DRwrite
1	1	Seleksi DR, DR write

c. *Address Counter*.

*Address Counter* menunjukkan lokasi memori dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat itu diberikan lewat register instruksi (IR). Ketika data dibaca atau ditulis dari DD RAM atau CG RAM maka *Address counter* secara otomatis menaikkan atau menurunkan alamat tergantung dari *entry mode set*.

d. *Display Data Ram (DD RAM).*

Pada LCD masing-masing pin mempunyai range alamat tersendiri. Alamat itu diekspresikan dengan bilangan hexadecimal. Untuk *line 1* range alamat berkisar antara 00H-0FH sedangkan untuk *line 2* alamat berkisar antara 40H-4FH.

e. *Character Generator ROM (CG ROM)*

CG ROM mempunyai tipe dot matrik 5 x 7. Dimana pada LCD tersedia ROM sebagai pembangkit character dalam kode ASCII.

f. *Character Generator RAM (CG RAM)*

CG RAM untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program.

Perancangan penggunaan LCD ini diperlukan suatu petunjuk tentang fungsi-fungsi dari terminal yang terdapat pada LCD, karena dengan mengetahui fungsi masing-masing terminal yang terdapat pada LCD akan mempermudah dalam perancangan untuk tampilan LCD tersebut. Fungsi masing-masing terminal dapat dilihat dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Fungsi-fungsi terminal pada LCD

Nama sinyal	No. Term	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Sebagai lalu lintas data dan instruksi ke dan dari MPU, <i>lower byte</i>
DB4-DB7	4	I/O	MPU	Sebagai lalu lintas data dan instruksi ke dan dari MPU, <i>lower byte</i>
E	1	1	MPU	Sinyal start (read/write)



R/W	1	1	MPU	Sinyal Seleksi Register 0: write 1:read
RS	1	1	MPU	Sinyal Seleksi Register 0: Instruksi Register <i>Busy Flag</i> & @ (read).
VEE	1	-	PSU	Drive LCD
VDD	1	-	PSU	5 Volt
VSS	1	-	PSU	Ground terminal : 0 volt

### 3.6.6. Elektrode.

Pada alat terapi ini menggunakan elektroda yang berfungsi sebagai transduser. Elektroda yang digunakan yaitu 1 pasang elektroda *stimulator / bio-stim* dan 1 buah elektroda/ *heating pad* untuk termoterapi.

#### 3.6.6.1 Elektroda / *heating pad*

Elektroda yang digunakan untuk termoterapi adalah sebuah elektroda buatan yang terdiri dari lempengan plat yang di dalamnya terdapat lilitan kawat yang dapat menghasilkan panas. Agar penggunaannya aman maka elektroda/ *heating pad* ini dilapisi mika yang berfungsi sebagai isolator dan kemudian dibungkus dengan bahan yang juga bersifat isolator.

#### 3.6.7 Driver heater

Dalam perancangan ini, heater bekerja pada kondisi aktif *high*. Driver heater berupa transistor PNP yang digunakan sebagai saklar untuk menghidupkan heater dengan memanfaatkan kondisi jenuh dan *cut-off-nya*.

Heater dioperasikan pada tegangan 9V, sehingga  $V_{ce \text{ cut off}} = V_{ee} = 9V$  dan  $V_{bb} = 0,1$  volt. Salah satu jenis transistor yang dapat digunakan berdasarkan data tersebut adalah transistor daya BD 136.

Dari *datasheet* transistor (*Data Praktis Elektronika*) diketahui:

$I_c \text{ maks} = 500 \text{ mA}$ .

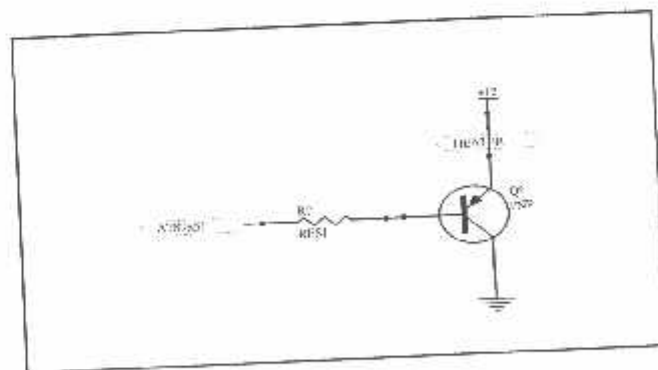
$\beta \text{ maks} = 250$

$$I_b \text{ maks} = \frac{I_c}{\beta} = \frac{500}{250} = 2 \text{ mA}$$

Dalam perancangan  $V_{bb}$  diset 5V,  $I_b$  diset lebih kecil dari  $I_b \text{ maks}$  yaitu sekitar 1,5 mA dengan tujuan menjaga transistor tidak cepat rusak karena bekerja pada keadaan maksimal. Dengan pengesetan nilai-nilai tersebut diharapkan transistor akan bekerja dalam keadaan optimalnya. Sehingga nilai resistansi dan R dapat diketahui yaitu:

$$R_b = \frac{V_{ee} - V_{eb} - V_{bb}}{I_b} = \frac{9 - 0,7 - 0,1}{1,5} = 5,4 \cdot 10^3 = 5K5$$

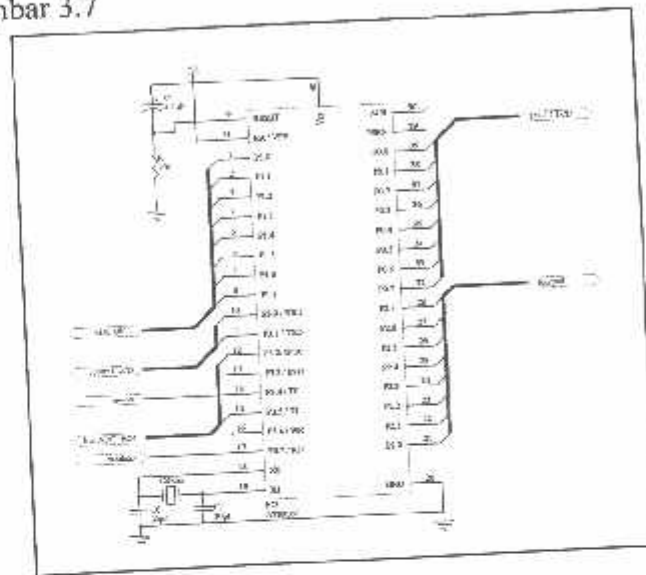
Rangkaian penghubung antara rangkaian mikrokontroler dengan pemanas (*heater*) dibutuhkannya rangkaian *driver* (kemudi). Perancangan rangkaian *driver* ini dapat dilihat dalam Gambar 3.6.1



Gambar 3.6. Rangkaian driver.

### 3.6.8. Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler didalam perancangan ini merupakan komponen utama, karena komponen inilah yang akan mengatur keseluruhan system agar dapat bekerja dengan baik dan optimal. Perancangan mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat dalam Gambar 3.7



Gambar 3.7. Rangkaian Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler AT89S51 akan memproses masukan dan keluaran yang ada pada peralatan ini, pengontrolan tersebut dilakukan melalui pengaktifan masing-masing pin-pin pada mikrokontroler tersebut, baik pengaktifan secara parallel ataupun tersendiri pin-pin mikrokontroler dalam satu port. Untuk mengaktifkan pin-pin atau port yang terdapat didalam mikrokontroler tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) yang ditempatkan pada *flash program memori internal* tanpa menggunakan memori program eksternal. Sehingga EA(*eksternal akses enable*) yang terdapat pada pin 31 diberi logika tinggi.

Untuk mengaktifkan mikrokontroler AT89S51 maka perlu diberikanya tegangan suplay +5 volt pada pin 40 dan pemberian tegangan nol (ground) pada

pin20. Disamping itu diperlukan juga pengaktifan osilator yang terdapat mikrokontroler. Untuk mengaktifkan osilator tersebut dalam perancangan ini digunakan kristal 12 MHz untuk memperoleh kecepatan pelaksanaan instruksi perasiklus sebesar 1 mikrodetik ( $(1/12 \text{ MHz}) \times 12$  siklus perioda).

Untuk pin reset (RST) diberi rangkaian seperti yang terlihat dalam gambar

3.7. Rangkaian reset tersebut akan mereset mikrokontroler pada saat *power on*.

Port 2 (P2.0 sampai P2.7) digunakan sebagai port keluaran untuk menampilkan tampilan LCD, Port 1 (P1.0 sampai P1.7) digunakan sebagai port masukan untuk menerima masukan data dari ADC 0804. Port 2 (port 2.0 sampai port 2.7) digunakan sebagai port masukan untuk *keypad*.

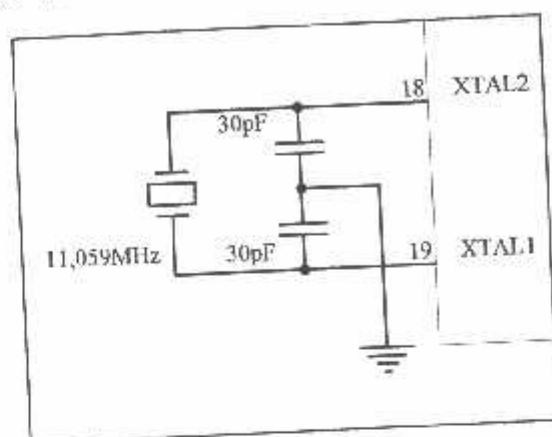
Sedangkan untuk port 3, pada port 3.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengaktifkan osilator, port 3.2 dan port 3.5 digunakan sebagai masukan (INTR) ADC0804. Port 3.4 digunakan sebagai keluaran untuk memberikan picuan pada transistor sebagai saklar pada pemanas.

### 3.6.9. Sistem Pewaktuan Mikrokontroler

Kecepatan proses yang dilakukan oleh mikrokontroler ditentukan oleh sumber *clock* (pewaktuan) yang mengendalikan mikrokontroler tersebut. Sistem yang dirancang ini seperti terlihat pada Gambar 3.12 akan menggunakan osilator internal yang sudah tersedia di dalam chip mikrokontroler. Untuk menentukan frekuensi osilatormya cukup dengan cara menghubungkan kristal pada pin XTAL1 dan XTAL2 serta dua buah kapasitor ke ground. Besar kapasitansinya disesuaikan dengan spesifikasi pada lembar data mikrokontroler yaitu 30 pF.

Pemilihan besar frekuensi kristal disesuaikan dengan pemilihan kecepatan yang diharapkan untuk transfer data melalui pin *serial interface*

mikrokontroler tersebut. Dengan memakai kristal 11,059 MHz, maka satu siklus mesin membutuhkan waktu selama 1,08 mikrodetik atau  $1/11,059 \text{ MHz} \times 12$  periode.



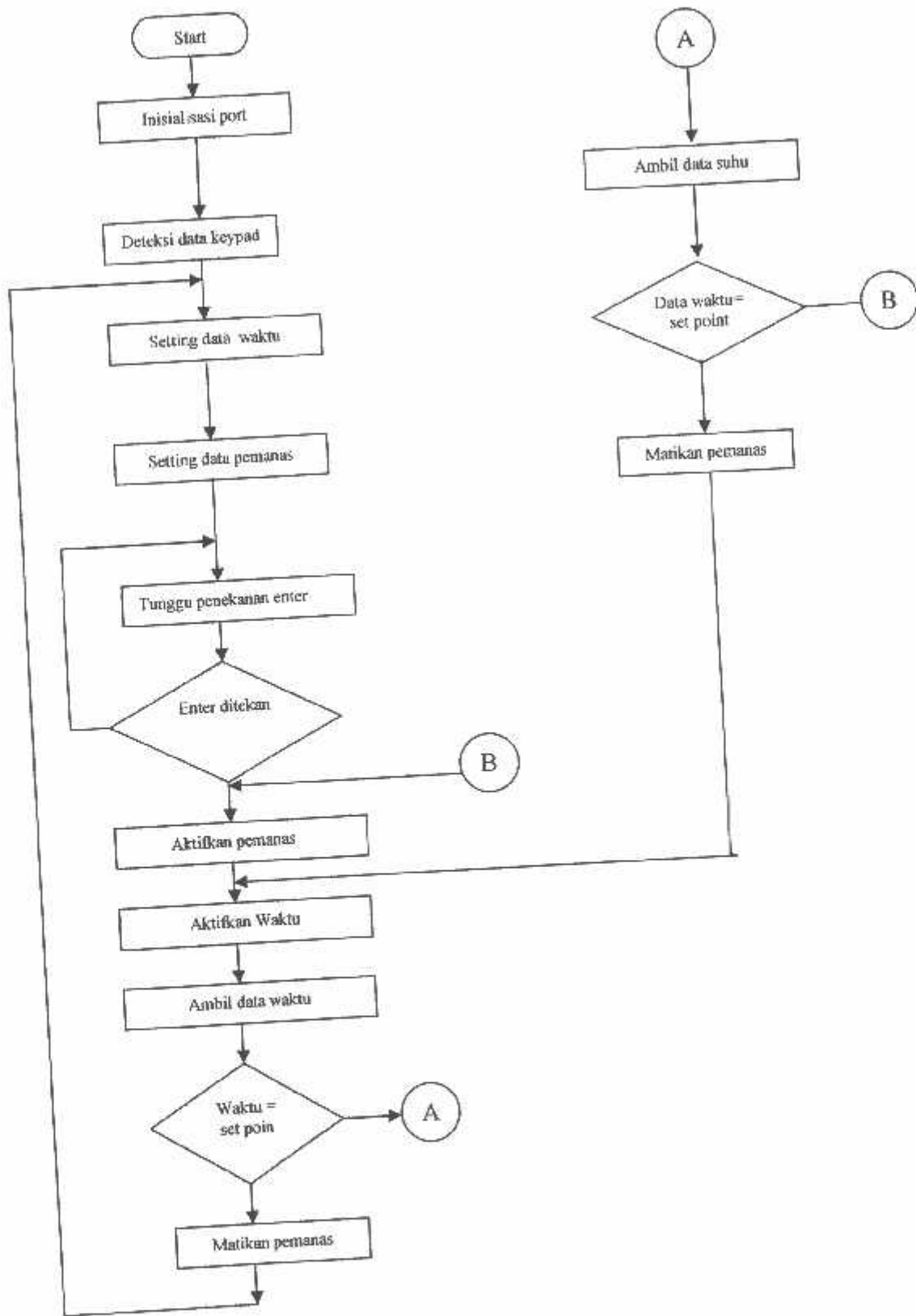
Gambar 3.12. Rangkaian Pewaktuan  
Sumber: Perancangan

### 3.7.0. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang dirancang, dibuat dengan menggunakan bahasa assembler mikrokontroler MCS-51. Algoritma program utama dari perancangan perangkat lunak dapat dilihat dalam diagram alur yang terdapat pada tiap-tiap perancangan perangkat lunak.

#### 3.7.0.1. Prosedur menu program utama.

Algoritma menu program utama dapat dilihat dalam diagram alur yang dalam gambar 3.7. Dalam diagram alur ini dapat dilihat adanya menu pilihan yang digunakan dalam proses terapi. Menu pilihan ini terdiri atas submenu mode *setting* frekuensi dan *setting* suhu. Pemilihan submenu yang merupakan bagian dari menu pilihan dilakukan dengan mengidentifikasi penekanan tombol *keypad* yang terdiri tombol *keypad* \* (pilih *elektromassage/biostim*) dan tombol *keypad* # (pilih *heat/termoterapi*).



## **BAB IV**

### **PENGUJIAN ALAT**

#### **4.1. Pengujian *Hardware***

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pengujian terhadap peralatan yang dibuat, guna untuk mengetahui kinerja atau proses dari peralatan tersebut. Setelah tahap pengujian kemudian dilanjutkan dengan tahap pengambilan data terhadap rangkaian – rangkaian dalam per blok.

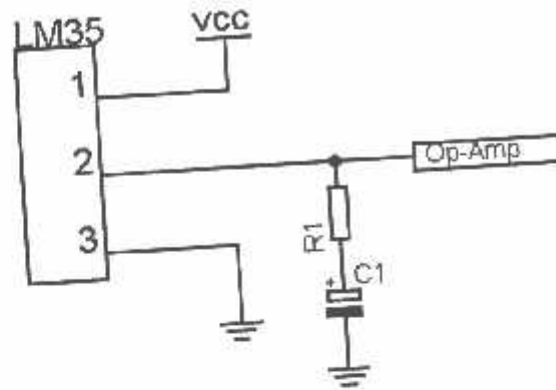
Pengujian alat meliputi pengujian *Hardware* yang berupa pengujian sensor suhu, pengujian LCD, pengujian ADC 0804, rangkaian mikrokontroller dan pengujian rangkaian *Driver Relay* .

Pengujian *hardware* bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem dalam tiap bloknnya. Selain itu untuk mengetahui apakah kinerja sistem maksimal atau tidak apabila dihubungkan dengan program. Pengujian *Hardware* meliputi pengujian sensor suhu, pengujian LCD, pengujian ADC 0804, rangkaian Mikrokontroller dan pengujian rangkaian *Driver Relay*

##### **4.1.1. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu**

Pengujian rangkaian sensor suhu ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan output dari sensor suhu maupun penguatan pada setiap perubahan suhu. Berikut ini merupakan gambar pengujian dari rangkaian sensor suhu .

---



Gambar 4.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Sumber : Perencanaan

Pengujian pada saat proses pendinginan transistor, suhu yang akan diukur adalah  $25^{\circ}\text{C}$  -  $45^{\circ}\text{C}$  dimana pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  adalah suhu referensi. Berikut ini merupakan tabel hasil dari pengujian dan pengukuran alat.

Tabel 4.1.  
Hasil Pengujian Pada Rangkaian Sensor Suhu

NO	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Vo Sensor LM35 (Volt)	Waktu (detik)
1.	25	0,252	0
2.	26	0,275	34
3.	27	0,286	1.30
4.	28	0,296	2.17
5.	29	0,307	3
6.	30	0,318	3.44
7.	31	0,328	4.36
8.	32	0,339	5.27
9.	33	0,349	6.30
10.	34	0,360	8.26
11.	35	0,371	10.31
12.	36	0,381	15.44
13.	37	0,392	26.28
14.	38	0,402	32.36
15.	39	0,413	45.01
16.	40	0,424	61.05



17	41	0,434	76.36
18	42	0,445	93.26
19	43	0,455	112.23
20	44	0,466	127.12

Keterangan alat yang digunakan :

- Tegangan catu 5 volt
- Menggunakan Multimeter digital
- Data diambil sebanyak 19 Tingkatan
- Menggunakan suhu panas sebagai objek ukur

Analisa dari hasil pengukuran sensor suhu adalah sebagai berikut : Misal suhu yang akan diukur adalah 25°C maka output dari sensor suhu dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 V_o \text{ sensor} &= \text{Temp} \times 10\text{mV}/^\circ\text{C} \\
 &= 25^\circ\text{C} \times 10\text{mV}/^\circ\text{C} \\
 &= 250\text{mV} = 0,25\text{V}
 \end{aligned}$$

Dan analisa pada penguat amplifier adalah :

$$A = \frac{V_o}{V_{in}}$$

Dari rumus diatas dapat dicari tegangan output dari penguat amplifier yaitu : Sebagai misal yang akan dicari  $V_o$  pada suhu 25°C, dimana diketahui Penguatannya adalah 2 kali dan  $V_{in}$  nya adalah 250mV maka :

$$\begin{aligned}
 V_o &= A \times V_{in} \\
 &= 2 \times 250\text{mV} \\
 &= 500\text{mV} = 0,5\text{V}
 \end{aligned}$$

Jadi dari hasil pengukuran dapat diketahui penguatannya, yaitu : Pada temperatur 25 °C,  $V_o = 0.252$  V dan untuk tegangan penguat amplifier = 0.504 V, dimana  $V_o$  sensor adalah  $V_{in}$  untuk penguat, maka penguatan dapat dicari Dengan persamaan

$$A = \frac{V_o \text{ penguat}}{V_{in}}$$

$$A = \frac{0.504}{0.252}$$

$$A = 2 \times$$

Dari pengukuran maupun perhitungan maka dapat dibuat suatu tabel hasil dari keduanya.

**Tabel 4.2.**  
Perbandingan Hasil Pengukuran maupun Perhitungan Sensor Suhu

No.	Sensor	Pengukuran	Perhitungan
		$V_o$ sensor (Volt)	$V_o$ sensor (Volt)
1.	26°C	0,275	0,28
2.	27°C	0,286	0,29
3.	28°C	0,296	0,30
4.	29°C	0,307	0,30
5.	30°C	0,318	0,31
6.	31°C	0,328	0,32
7.	32°C	0,339	0,33
8.	33°C	0,349	0,34
9.	34°C	0,360	0,35
10.	34°C	0,371	0,36
11.	36°C	0,381	0,37
12.	37°C	0,392	0,38
13.	38°C	0,402	0,39

14	39°C	0,413	0,40
15	40°C	0,424	0,41
16	41°C	0,434	0,42
17	42°C	0,445	0,43
18	43°C	0,455	0,44
19	44°C	0,466	0,45
20	45°C	0,477	0,46

Dari tabel perhitungan dan pengukuran, maka dapat dicari besar kesalahannya dengan menggunakan rumus :

$$E = \frac{\text{Perhitungan} - \text{Pengukuran}}{\text{Perhitungan}} \times 100\%$$

Dimana :

E (error) = Kesalahan relatif

Suatu misal dicari kesalahan pada suhu 25°C untuk tegangan output sensor suhu, diketahui :

$$V_o \text{ perhitungan} = 0,25V$$

$$V_o \text{ pengukuran} = 0,252V$$

$$E = \frac{0,25 - 0,252}{0,25} \times 100\%$$

$$= 0,8\%$$

Kemudian untuk mencari kesalahan suhu 25°C pada tegangan output

adalah :

$$V_o \text{ perhitungan} = 0,5 V$$

$$V_o \text{ Pengukuran} = 0,504 V$$

$$E = \frac{0,25 - 0,252}{0,25} \times 100\%$$

$$= 0,8\%$$

**Tabel 4.3.**  
Error Hasil Pengukuran dan Perhitungan Sensor Suhu

No	Suhu (°C)	Vo sensor Perhitungan (V)	Vo sensor Pengukuran (V)	Error (%)
1.	26	0,28	0,275	1,7
2.	27	0,29	0,286	1,3
3.	28	0,30	0,296	1,3
4.	29	0,30	0,307	2,3
5.	30	0,31	0,318	2,5
6.	31	0,32	0,328	2,5
7.	32	0,33	0,339	2,7
8.	33	0,34	0,349	2,6
9.	34	0,35	0,360	2,8
10.	35	0,36	0,371	3,0
11.	36	0,37	0,381	2,9
12.	37	0,38	0,392	3,1
13.	38	0,39	0,402	3,0
14.	39	0,40	0,413	3,2
15.	40	0,41	0,424	3,4
16.	41	0,42	0,434	3,3
17.	42	0,43	0,445	3,4
18.	43	0,44	0,455	3,4
19.	44	0,45	0,466	3,5
20.	45	0,46	0,477	3,6
Jumlah Error				2,7

$$\text{Error rata-rata} = \frac{\sum \text{error}}{X}$$

Dimana ,

$\Sigma$ error = Jumlah error

X = Banyaknya data

Error rata-rata pada output sensor suhu adalah

$$\Sigma \text{error} = 1.5 \%$$

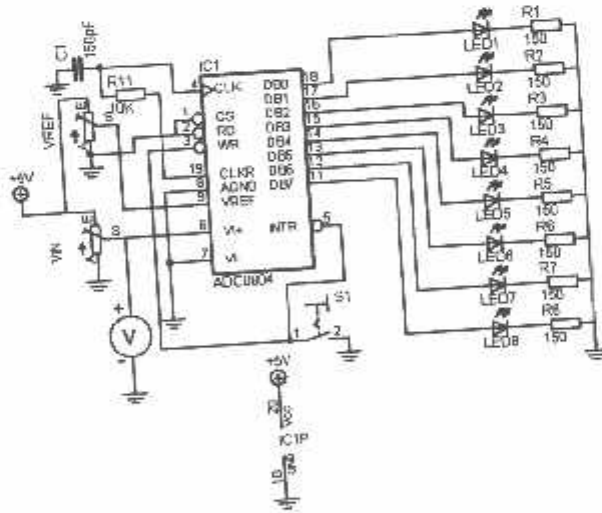
$$X = 10$$

$$\begin{aligned} \text{Error rata-rata} &= \frac{15.9}{10} \\ &= 1.59 \% \end{aligned}$$

Hasil error rata-rata dari perbandingan antara pengukuran dan perhitungan pada output LM35 adalah 1.59 %,

#### 4.1.2 Pengujian ADC 0804

Tujuan pengujian ADC adalah untuk mengetahui level tegangan ADC dan keluaran kelinieran hasil konversi ADC. Peralatan yang digunakan dalam pengujian ADC antara lain : Modul ADC, LED Display, Sumber tegangan DC variabel dengan besarnya tegangan input 5 Volt. Proses pengujiannya seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.4. Pengujian Rangkaian ADC0804 (Sumber : Perencanaan)

Data hasil pengujian ADC 0804 dapat ditunjukkan pada tabel berikut ini :

**Tabel 4.5.**  
Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0804

V Input	Output ADC								Vout Dec	Vout Hex
	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7		
0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.50	0	0	0	1	1	0	0	1	25	19
0.92	0	0	1	1	0	0	1	0	50	32
1.52	0	1	0	0	1	0	1	1	75	4B
2.04	0	1	1	0	0	1	0	0	100	64
2.52	0	1	1	1	1	1	0	1	125	7B
3.04	1	0	0	1	0	1	1	0	150	96
3.54	1	0	1	0	1	1	1	1	175	AF
4.00	1	1	0	0	1	0	0	0	200	C8
4.47	1	1	1	0	0	0	0	1	225	E1
4.98	1	1	1	1	1	0	1	0	250	F8

Keterangan alat yang digunakan:

- LED display
- Catu daya 5 volt DC
- Multimeter Digital
- Vref diatur 2.50 Volt

Dari tabel diatas akan dicari tegangan keluaran sehingga dapat diketahui karakteristik output dari rangkaian ADC. Untuk mendapatkan nilai Vout dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{V_{in}}{V_{ref}}(2^n - 1)$$

Dimana :  $2^n = 256$  dengan  $V_{ref} = 5$  volt

Contoh datanya adalah 0.5V maka :

$$V_{out} = \frac{0.5}{5}(256-1)$$
$$= 25.5 \text{ Desimal}$$

Dan presentase kesalahannya dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$\% \text{ error} = \frac{V_{out \text{ uji}} - V_{out \text{ Hitung}}}{V_{out \text{ Hitung}}} \times 100\%$$

Jika  $V_{in} = 0.5$  Volt maka :

$$= \frac{25 - 25.5}{25.5} \times 100\%$$

$$= 1,96\%$$

Dengan cara yang sama untuk masing-masing masukan dapat diketahui prosentase kesalahannya.

**Tabel 4.6.**  
Kesalahan (Tingkat Error) dari pengujian ADC

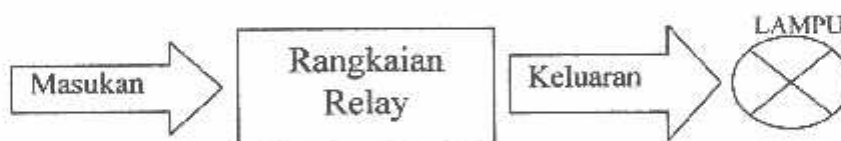
V input (Volt)	DATA		%Error
	Vout (hasil uji)	Vout (hasil hitung) (Desimal)	
0.00	0	0.00	0.00
0.50	25	25.50	1.96
0.97	50	49.47	1.07
1.52	75	77.52	3.74
2.04	100	104.04	3.86
2.52	125	128.52	2.73
3.04	150	155.04	3.25
3.54	175	180.54	3.06
4.00	200	204.00	1.96
4.47	255	227.97	1.30

4.98	250	253.98	1.56
Total error			2.23%

Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa keluaran tegangan ADC berbeda beda untuk tiap masukannya ( $V_{input}$ ) yang diberikan, dimana ADC diberi tegangan 0 Volt – 5 Volt mendekati dengan nilai biner atau hex. Setelah diuji dengan beberapa keadaan didapatkan % *error* sebesar 2.23%. Penggunaan ADC harus disesuaikan dengan tingkat resolusi bitnya dimana besarnya resolusi bit dari ADC 0804 tersebut adalah  $= V_{ref}/2^{n_{bit}}$  dengan n bit = 8 bit.

#### 4.1.3 Pengujian Rangkaian Penggerak Relay

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian yang dibuat telah berfungsi dengan baik yaitu untuk menyambung dan memutuskan hubungan antara Heater dengan Mikrokontroler. Sedangkan pengujian penggerak relay seperti gambar berikut:



**Gambar 4.5.** Pengujian rangkaian penggerak relay

Dari hasil pengujian relay yang dilakukan dengan simulasi lampu pijar diperoleh hasil ketika relay terhubung atau pada saat heater dinyalakan lampu menyala atau logika 1 sedangkan pada saat heater dimatikan maka lampu mati atau berlogika 0



#### **4.1.4 Pengujian LCD 1632**

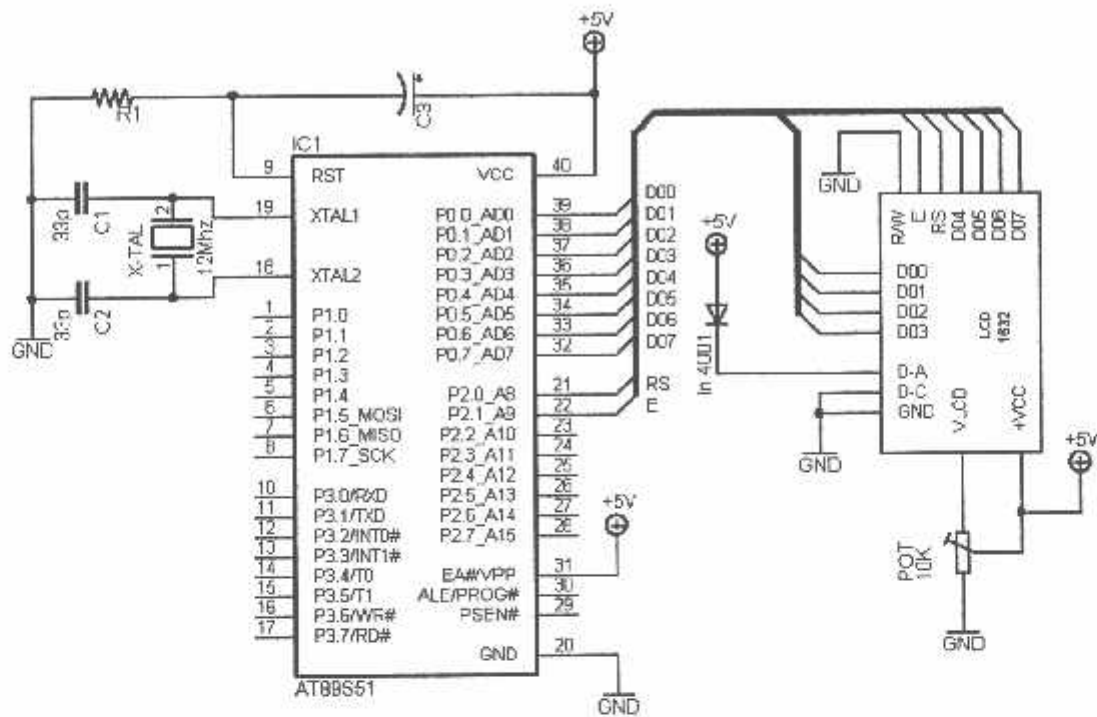
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi LCD, apakah LCD berfungsi dengan baik maka pada pengujian ini MCU diprogram untuk mengontrol LCD agar dapat menampilkan karakter "ITN (Pada baris atas) dan MALANG (Pada baris bawah)".

- **Peralatan yang dibutuhkan**

1. Power Supply 5 Volt
2. Sistem Mikrokontroller
3. LCD 1632
4. Program untuk menampilkan tulisan pada LCD

- **Prosedur Pengujian**

1. Menyusun Rangkaian seperti pada gambar berikut
  2. Menjalankan program untuk menampilkan tulisan pada LCD
  3. Mengamati Tampilan LCD
-



Gambar 4.2.Rangkaian LCD

Sumber : Perencanaan

- Program untuk menampilkan tulisan pada LCD

```

;
; Program untuk menampilkan tulisan pada LCD
;

```

```

LCD_RS bit P2.0

```

```

LCD_CS bit P2.1

```

```

org 0h

```

```

mulai: call inisialisasi

```

```

mov dptr,#bais_atas

```

```

mov r3,#16

```

```

mov a,#80h

```

```

call write_inst

```

```

tulis: clr a

```

```

movc a,@a+dptr

```

```

inc dptr

```

```

call write_data

```

```

djnz r3,tulis

```

```

mov dptr,#baris_bawah

```

```

mov r3,#16

```

```

mov a,#0C0h

```

```

        call write_inst
tulisl: clr a
        movc a,@a+dptr
        inc dptr
        call write_data
        djnz r3,tulisl
        jmp mulai

```

---

```

; Inisialisasi LCD

```

---

```

inisialisasi:

```

```

    mov A,#03Fh
    call write_inst
    call write_inst
    mov A,#0Dh
    call write_inst
    mov A,#06h
    call write_inst
    mov A,#01h
    call write_inst
    mov A,#0Fh
    call write_inst
    ret

```

---

```

; Routine untuk menulis instruksi ke LCD

```

---

```

write_inst:

```

```

    clr LCD_RS
    setb LCD_CS
    mov P0,A ;intruksi ke LCD
    clr LCD_CS ;module
    setb LCD_CS
    call delay
    ret

```

---

```

; Routine untuk menulis data ke LCD

```

---

```

write_data:

```

```

    setb LCD_RS
    setb LCD_CS
    mov P0,A ;data ke LCD
    clr LCD_CS ;module

```

```

                setb LCD_CS
                call delay
                ret
;
;
; Routine penghasil delay
;
delay: mov R0,#0FFh
delay1: mov R5,#0
        djnz R5,$
        djnz R0,delay1
        ret
;
Ldelay: mov R2,#010h
Ld1:    call delay
        djnz R2,Ld1
        ret
;
; Tulisan yang ditampilkan LCD
;
baris_atas:
                db 'ITN'
baris_bawah:
                db 'MALANG'
end

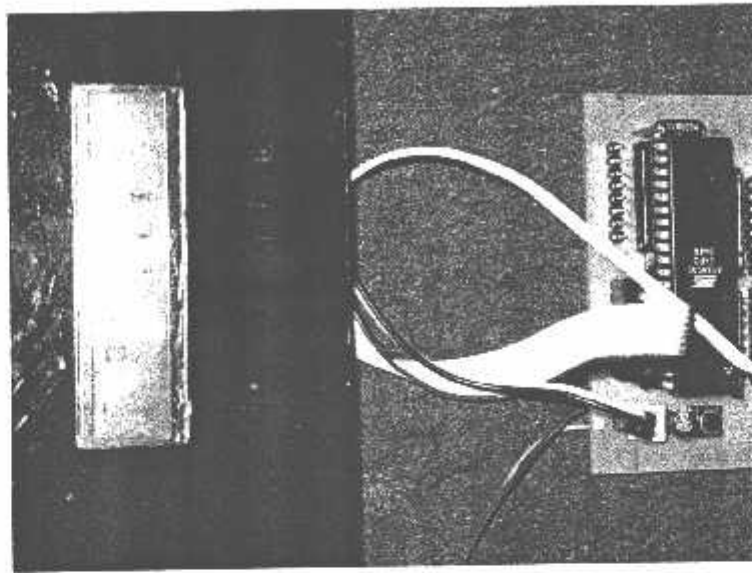
```

- **Hasil Pengujian**

Dari hasil pengujian LCD dapat diketahui bahwa rangkaian tersebut bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan.

**Tabel 4.2 :** Hasil Pengujian LCD (*Liquite Chrystal Display*)

Baris	Data IN	Data OUT
Atas	ITN	ITN
Bawah	MALANG	MALANG

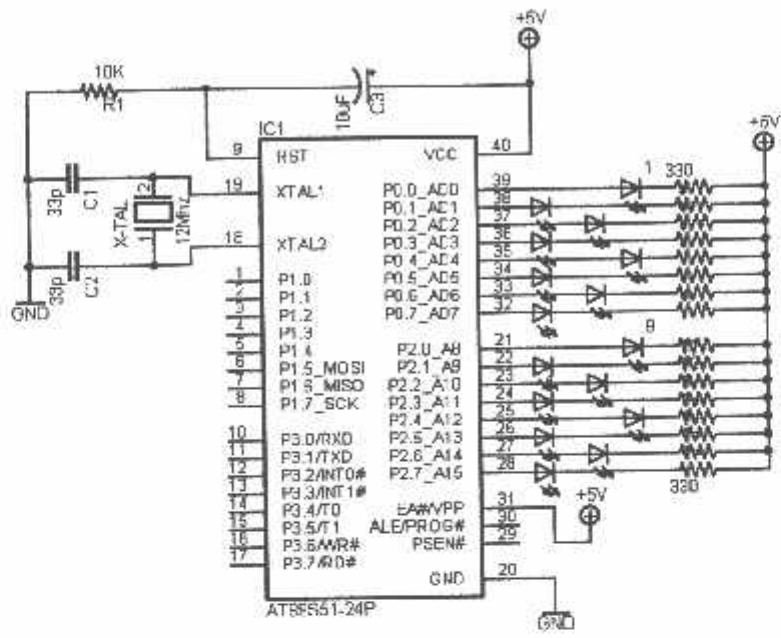


**Gambar 4.3.**  
Foto Hasil Pengujian LCD

#### **4.1.5 Pengujian Mikrokontroller AT 89S51**

Untuk mengetahui apakah MK. AT89S51 dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, sehingga dengan pengujian ini dapat diketahui apakah MK. AT89S51 dapat bekerja dengan baik.

- Peralatan yang dibutuhkan
  1. Power Supply 5V
  2. Sistem Mikrokontroller
  3. MK. AT89S51
  4. Program untuk menguji MK



Gambar 4.8 : Rangkaian Pengujian Mikrokontroler AT89S51

Sumber : Perencanaan

Program untuk menguji AT. 89S51

Org 00H

```

Start : Mov A,#00H
        Mov P0,A
        Mov P2,A
        Call Tunda
        Mov A,#0FFH
        Mov P0,A
        Mov P2,A
        Call Tunda
        clr A
        Sjmp Start
Tunda : Mov R0,#0FFH
Tunda1: Mov R1,#00
Loop  : Djnz R1, Loop
        Djnz R0, Tunda1
        Ret
End

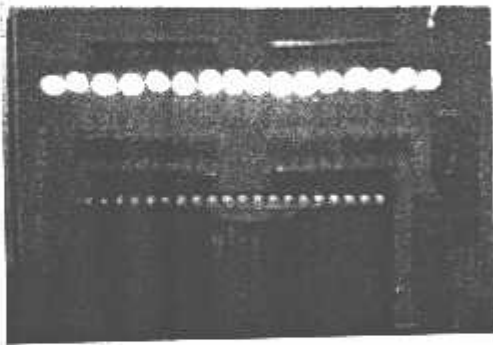
```

Tabel 4.12 : Pengujian MK. AT89S51 Pada Port 0

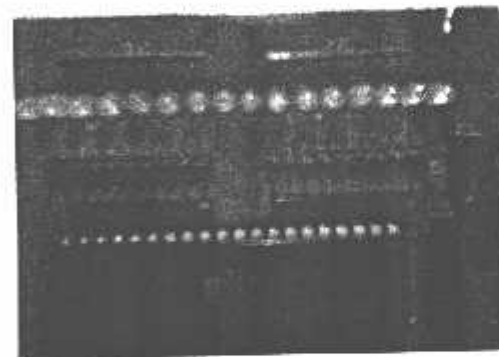
No	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
00H	1	1	1	1	1	1	1	1
0FFH	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4.13 : Pengujian MK. AT89S51 Pada Port 2

No	P2.7	P2.6	P2.5	P2.4	P2.3	P2.2	P2.1	P2.0
00H	1	1	1	1	1	1	1	1
0FFH	0	0	0	0	0	0	0	0



Port 0 dan Port 1 = 00H



Port 0 dan Port 2 = 0FFH

Gambar 4.9. : Foto Hasil Mengujian MK. AT 89S51

#### 4.1.6 Pengujian alat keseluruhan

Tujuan pengujian alat secara keseluruhan adalah untuk mengetahui unjuk kerja piranti setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama-sama. Pengujian sistem secara keseluruhan diuji atas beberapa tahap dengan mengikuti diagram alir dalam perancangan.

Tahap-tahap pengujian alat secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan alat dan memastikan bahwa catu daya telah terpasang dengan benar.

## 4.2. Pengujian Software

### 4.2.1. Tujuan

- ✓ Mengetahui kerja software dalam mengakses MCU AT89S51 dalam melakukan pemantauan suhu transistor penguat akhir.

### 4.2.2. Peralatan yang digunakan

- ✓ PC (Personal Komputer).
- ✓ Downloader AT 89S51
- ✓ LCD
- ✓ Power Supply (Adaptor)
- ✓ Kabel penghubung.

### 4.2.3. Langkah Pengujian

- ✓ Menghubungkan koneksi antara software komputer dengan MCU AT89S51.
- ✓ Mengaktifkan power .
- ✓ Mengamati perubahan suhu

### 4.2.4. Hasil Pengujian

- ✓ Hasil pengujian pada kenaikan setiap perubahan suhu antara keluaran sensor dan display sesuai dengan yang direncanakan, jadi ini menandakan software yang dibuat sudah memenuhi ketentuan yang telah dibuat



### 4.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

#### 4.3.1. Tujuan

- ✓ Mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan atau tidak..

#### 4.3.2. Peralatan yang digunakan

- ✓ Keseluruhan sistem

#### 4.3.3. Langkah Pengujian

- ✓ Mengaktifkan power.
- ✓ Memasukkan nilai Temperatur Suhu Yang diinginkan.
- ✓ Memasukkan nilai waktu yang diinginkan dalam proses pemijatan

#### 4.3.4. Hasil Pengujian

- ✓ Hasil pengujian keseluruhan sistem dapat di jelaskan sebagai berikut :

. Sehingga dapat ditabelkan pada tabel 4.14 hasil pengujian secara keseluruhan

### 4.3. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

#### 4.3.1. Tujuan

- ✓ Mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang direncanakan atau tidak..

#### 4.3.2. Peralatan yang digunakan

- ✓ Keseluruhan sistem

#### 4.3.3. Langkah Pengujian

- ✓ Mengaktifkan power.
- ✓ Memasukkan nilai Temperatur Suhu Yang diinginkan.
- ✓ Memasukkan nilai waktu yang diinginkan dalam proses pemijatan

#### 4.3.4. Hasil Pengujian

- ✓ Hasil pengujian keseluruhan sistem dapat di jelaskan sebagai berikut :

. Sehingga dapat ditabelkan pada tabel 4.14 hasil pengujian secara keseluruhan

**Tabel 4.14**

Hasil pengujian secara keseluruhan

Suhu Minimal pada alat terapi	26°C
Suhu Maksimal pada alat terapi	45°C
Lama waktu antara antara suhu minimal pemanasan dengan suhu maksimal pemanasan	± 6 Menit

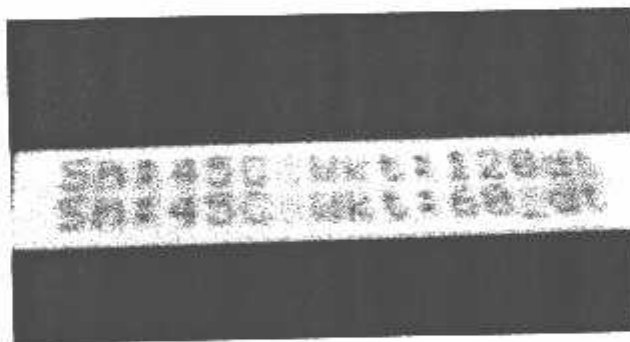
Hasil pengujian diatas dilakukan sebanyak 3 kali dengan pengesetan temperatur.

Dengan suhu ruang normal yaitu  $\pm 27^{\circ}\text{C}$ , suhu luar ruangan  $\pm 30^{\circ}\text{C}$ .

**Foto hasil pengujian selama 2jam**



**Foto pengujian pada menit ke 60**



## BAB V PENUTUP

### 6. Kesimpulan.

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisis system pengaturan frekuensi dan suhu pada elektrode ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses perencanaan dan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak dapat dibuktikan dengan pengujian sensor suhu, ADC 0804, Mikrokontroler AT89S51, LCD, Range derajat suhu 26 °C sampai 45 °C , pengujian *software* untuk hasil error rata-rata dari perbandingan antara pengukuran dan perhitungan pada output LM35 adalah 2,7 % sedangkan pada ADC memiliki error 2,23 %.
2. Range suhu yang digunakan pada alat ini adalah 26 °C sampai 45 °C sesuai dengan sumber : Lehman JF and deLateur BJ. Therapeutic Heat.1982, dengan waktu pemanasan dari suhu 26 °C sampai 45 °C selama 6 menit.
3. Dari hasil perhitungan dan pengukuran terjadi selisih,yang disebabkan karena factor penggunaan toleransi pada komponen

### Saran

1. Menggunakan bantalan yang ukurannya lebih besar sehingga dapat melakukan terapi pijat secara menyeluruh.
  2. Alat ini di harapkan dapat bekerja pada catu daya DC rendah sehingga dapat dibawa kemana-mana.
-

## DAFTAR PUSTAKA

- . Data Sheet *ADC 0808/0809* ; *National Semiconductor*, 2003
- Atmel, 2001, *Datasheet Microcontroller AT89S51*, Atmel Inc.  
(<http://www.atmel.com>), USA
- Malvino, Albert Paul diterjemahkan oleh Santoso, Alb. Joko (2003), *Prinsip-Prinsip Elektronika Buku Satu*, Salemba Teknik : Jakarta.
- Richard Blocher, (2003), *Dasar Elektronika* , Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sistem Relay,  
(<http://www.stts.ac.id>),
- Wasito S. (1992), *Vademekum Elektronika*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Andi Nalwan, Paulus. *Panduan Praktis : Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT. Elex Media komputindo, Jakarta, 2003
- Coughlin, Robert F, and Driscoll, Frederick F, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*, edisi kedua, terjemahan Herman W. S, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [Http://alds.stts.edu/analog/inframerah.htm](http://alds.stts.edu/analog/inframerah.htm)
- Lukito, Ediman, *Dasar-dasar Pemrograman dengan Assembler 8088*, cetakan kedua, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1990
- Buku Panduan Pelatihan Mikrokontroler AT89S51 (2006): Laboratorium Pemeliharaan dan Perbaikan Perancangan Elektronika Institut Teknologi Nasional Malang.



---