

LAPORAN PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN MINIATUR SISTEM PENGERING  
MARKING DAN PENGERAS SILIKON BERBASIS  
MIKROKONTROLER AT 89C51



Unit Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

Terima  
No. Induk

60105

624.8  
WIC

Oleh :

AGUS SETYO WICAKSONO

NIM : 011903201001

PROGRAM STUDI TEKNIK  
PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
**UNIVERSITAS JEMBER**

2004

**LEMBAR PENGESAHAN PROYEK AKHIR**

**RANCANG BANGUN MINIATUR SISTEM PENDINGIN**

**MARKING DAN PENDINGIN SILIKON BERBASIS**

**MIKROKONTROLER AT89C51**

**Diajukan Sebagai Syarat Yudisium Tingkat Diploma III**

**Program Studi Diploma III Teknik Elektro**

**Jurusan Teknik Elektro**

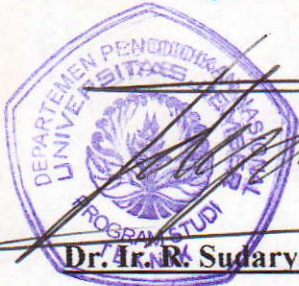
**Program Studi Teknik**

**Universitas Jember**

**Mengetahui :**

**Ketua Program Studi Teknik**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**



**Dr. Ir. R. Sudaryanto, DEA**

**NIP : 320 002 358**

**Ir. Bambang Sujanarko**

**NIP : 132 085 970**

LEMBAR PERSETUJUAN PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN MINIATUR SISTEM PENERING  
MARKING DAN PENERAS SILIKON BERBASIS  
MIKROKONTROLER AT89C51

Diajukan Sebagai Syarat Yudisium Tingkat Diploma III  
Program Studi Diploma III Teknik Elektro  
Jurusan Teknik Elektro  
Program Studi Teknik  
Universitas Jember

Oleh :

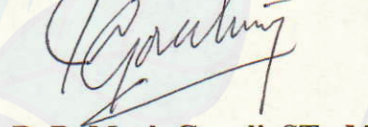
Agus Setvo Wicaksono  
NIM : 011903102001

Telah Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama

  
Bambang Supeno, ST  
NIP : 132 133 387

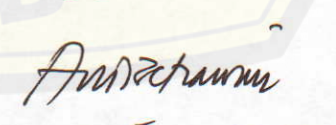
Pembimbing Pendamping

  
R. B. Moch Gozali, ST., MT  
NIP : 132 231 416

Penguji I

  
Ir. Widvono hadi, MT  
NIP : 131 832 307

Penguji II

  
Andi Setiawan, ST., MT  
NIP : 132 162 512

Penguji III

  
Saiful Bukhori, ST., M.Kom  
NIP : 132 125 681

**“Rancang Bangun Miniatur Sistem Pengering Marking dan Pengeras Silikon Berbasis Mikrokontroler AT 89C51”**

Dibawah bimbingan:

1. Bambang Supeno, ST
2. R.B Moch. Ghozali, ST., MT

**Abstrak ;**

*Marking sebagai suatu proses dalam industri yang dimaksudkan untuk memberi nama produk atau nama perusahaan yang memproduksi produk tersebut. Dengan membuat suatu alat pengering maka nantinya diharapkan dapat dihasilkan produk yang berkualitas dan tanpa cacat. Pemanfaatan mikrokontroler sebagai media untuk mengolah dan memproses kerja dari alat pengering dengan maksud untuk dapat mengontrol suhu dari alat pengering sehingga alat dapat bekerja secara maksimal. Selain itu mikrokontroler dapat difungsikan sebagai pembentuk PWM sehingga kecepatan putaran motor DC dapat diubah.. Sedangkan untuk rangkaian pengatur panas heater, digunakan bantuan ADC untuk mengubah data analog menjadi digital. ADC menerima masukan dari rangkaian pengatur panas heater dan keluaran dari ADC ini akan menjadi umpan balik dari panas heater ke mikrokontroler. Heater akan memberikan panas dengan suhu tertentu sehingga memberikan pemanasan yang merata pada seluruh sudut ruangan yang dijadikan tempat untuk mengeringkan marking dan pengerasan silikon. Proses pengeringan dibagi menjadi tiga pilihan suhu dengan acuan pada data yang diperoleh dari proses percobaan. Pilihan suhu pertama adalah  $54^{\circ}\text{C}$  untuk mengeringkan marking dengan panjang 5 cm dan lebar 2 cm dan dibutuhkan waktu pengeringan selama 6 menit. Pilihan suhu kedua adalah  $65^{\circ}\text{C}$  untuk mengeringkan marking dengan panjang 5 cm dan lebar 4 cm dan dibutuhkan waktu pengeringan selama 6 menit. Pilihan suhu ketiga adalah  $75^{\circ}\text{C}$  untuk mengeraskan silikon pada diameter kepala lampu 2,75 cm dan dibutuhkan waktu selama 6 menit.*

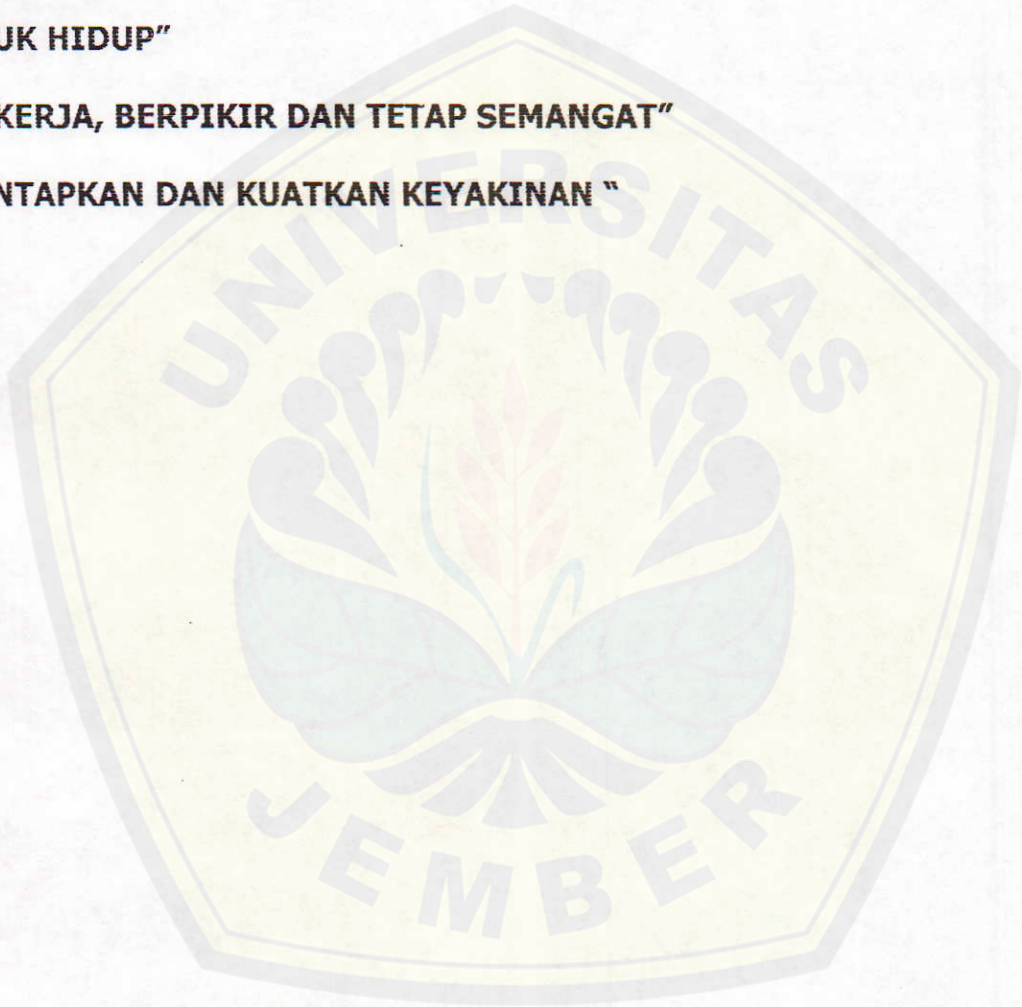
**MOTTO**

**"PRIORITASKAN PRINSIP HIDUP"**

**"BERJUANG DEMI KEHIDUPAN DAN TIDAK HANYA BERJUANG  
UNTUK HIDUP"**

**"BEKERJA, BERPIKIR DAN TETAP SEMANGAT"**

**"MANTAPKAN DAN KUATKAN KEYAKINAN "**



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahman nir rahim*

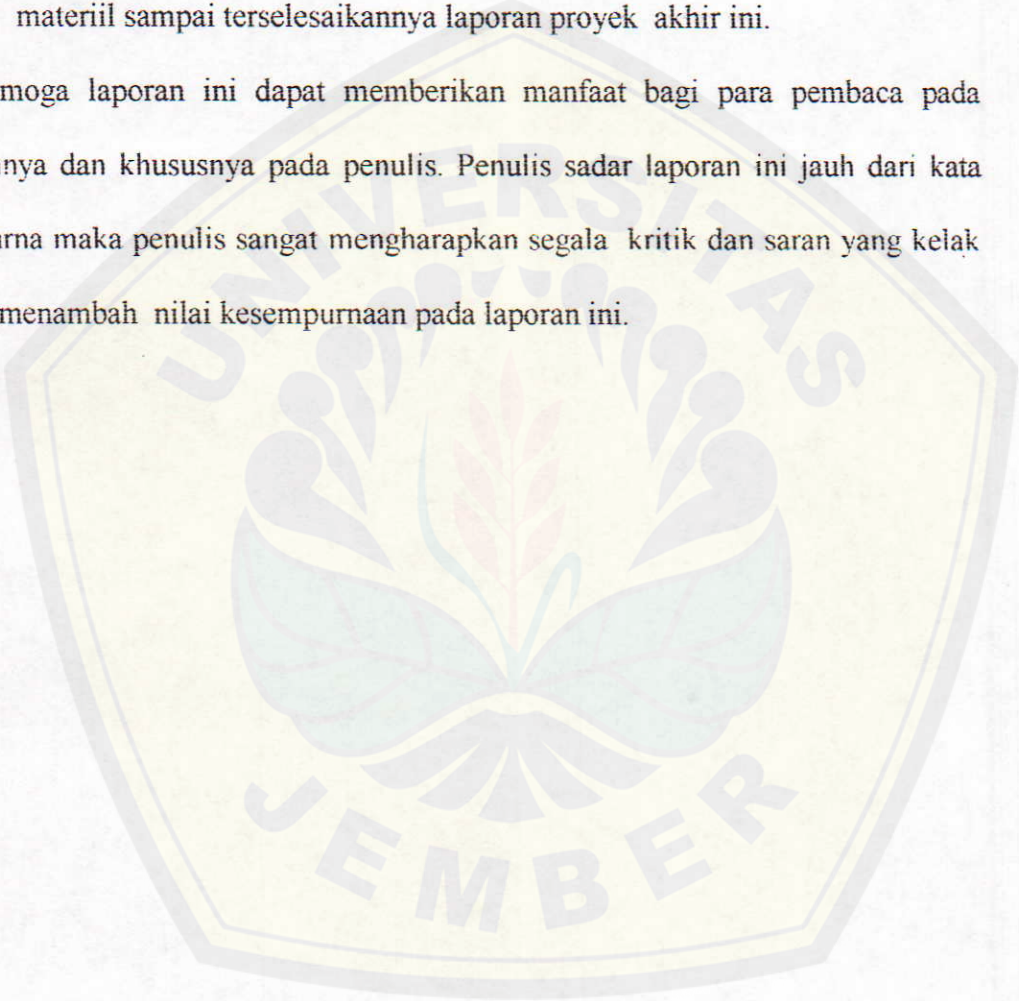
Puji syukur Alhamdulillah atas ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan segala kebesaran-Nya kepada penulis sehingga diberikan kekuatan untuk dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul "**Rancang Bangun Miniatur Sistem Pengering Marking dan Pengeras Silikon Berbasis Mikrokontroler AT 89C51**" dengan tepat waktu. Penulisan laporan proyek akhir ini dimaksudkan sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) Teknik di Program Studi Teknik Universitas Jember.

Dalam penyelesaian laporan proyek akhir penulis banyak mendapat bimbingan, dorongan, saran serta kritik. Dengan selesainya laporan proyek akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. R. Sudaryanto, DEA., selaku Ketua Program Studi Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Ir. Bambang Sujanarko, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Universitas Jember.
3. Bapak Bambang Supeno, ST., selaku pembimbing utama proyek akhir.
4. Bapak R.B. Gozali, ST., MT., selaku pembimbing pendamping proyek akhir.
5. Bapak Ir. Widyono Hadi, MT., selaku dosen penguji I.
6. Bapak Andi Setiawan, ST., MT., selaku dosen penguji II
7. Bapak Saiful Bukhori, ST., M.kom., selaku dosen penguji III.
8. Bapak Dwi Retno Istiadi, ST., selaku dosen mata kuliah Mikrokontroler.

9. Bapak Widjonarko, ST., selaku Teknisi mata kuliah Sistem Tenaga.
10. Mas Sugeng, A.Md., selaku staf di Jurusan Teknik Elektro.
11. Teman-teman seperjuang Teknik Elektro 2001
12. Semua pihak yang telah begitu banyak membantu materiil maupun non materiil sampai terselesaikannya laporan proyek akhir ini.

Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca pada umumnya dan khususnya pada penulis. Penulis sadar laporan ini jauh dari kata sempurna maka penulis sangat mengharapkan segala kritik dan saran yang kelak dapat menambah nilai kesempurnaan pada laporan ini.



**PERSEMBAHAN**

**SEGALA DAYA DAN KEMAMPUAN UNTUK MENYELESAIKAN SEBUAH KARYA YANG AKU PERSEMBAHAN KEPADA ORANG-ORANG YANG TERCINTA:**

- ❖ Bapak-ibuku tercinta yang telah menuntun hidupku dengan penuh rasa kasih sayang dan perhatian serta doa yang besar sehingga telah membuka mataku akan arti sebuah kehidupan dan belajar untuk selalu mensyukuri segala kebesaran-Nya.
- ❖ Mas Yoyok dan Mbak Ita yang selalu memberikan segala bentuk wacana dalam memahami dan menjalankan hidup ini dengan penuh kedewasaan dan kebijakkan sehingga menjadikanku manusia yang penuh pemikiran untuk maju dan berkembang, tidak lupa si kecil Dimas yang telah memberi keceriaan dan kepolosan disetiap saat.
- ❖ Adikku, Arik yang tidak kenal letih memberikan motivasi dan saran demi kelayakan dan kemajuanku untuk saat ini maupun untuk masa depan.
- ❖ Lindaku tersayang yang begitu tangguh dalam menjalani hidup, akan selalu aku jadikan penyemangat dan penyeimbang hidupku. Engkaulah harapan dan asaku. Segala sentuhan dan tatapanmu adalah memori yang selalu menjadikanku lebih dewasa dalam menyikapi hidup.
- ❖ Bulek Kaseh ibuku tercinta terima kasih untuk perhatian dan selalu telaten dalam memberi masukan.
- ❖ Sobat-sobat terbaikku Aris, Priyo, Peer, Fajar gay, Fahmi, Widi, Koko, Bendi, Boski, Wedus Firdaus, Fitra, Yudi, Cupang dan Tunis, hidup ini terasa mudah dan selalu indah bila kita selalu dapat bersama. Selamat jalan sobatku selamat berjuang.
- ❖ Mas Nasir dan Mbak Erna semoga kita dapat lebih jauh memberi nuansa yang baru pada kehidupan ini. Semoga cinta kalian kekal abadi dalam suka dan duka, aku berharap dapat menjadikan kalian benar-benar kakakku.



- ✿ Sobat-sobat karibku Faruq, Rudi, Cilox, Siswoyo, Anita, Nugroho, Ufa, Eka, Soma, Herdina dan Yeni, terima kasih kita masih dapat selalu saling mengikat meskipun kita terasa jauh. Aku berharap kalian dapat menjadi bagian dari perjalanan hidupku.
- ✿ Mas Reza dan Mbak Santi, aku ucapkan banyak terima kasih telah rela memberi tempat bernaung selama 3 tahun aku belajar.
- ✿ Abi dan Umi, aku anggap sebagai orang tua sendiri yang telaten melayani segala keperluan sehari-hari, terima kasih atas semuanya.
- ✿ Mbak Dian, mbakku terhebat, terpinter, tersuper, terkuat, tertabah, tertelaten, ter..., bagaimana bisa terdapat wanita ter... kalau bukan Mbak Dian, terima kasih atas segalanya salam dari jember.
- ✿ Teman-teman seangkatan dan seperjuangan selama 3 tahun, selamat berjuang teman, hidup ini masih sangat panjang semoga kita selalu diberikan kekuatan.
- ✿ Teman yang selalu setia menemaniku kemanapun aku pergi, "si Bravo" dengan segala keborosannya.

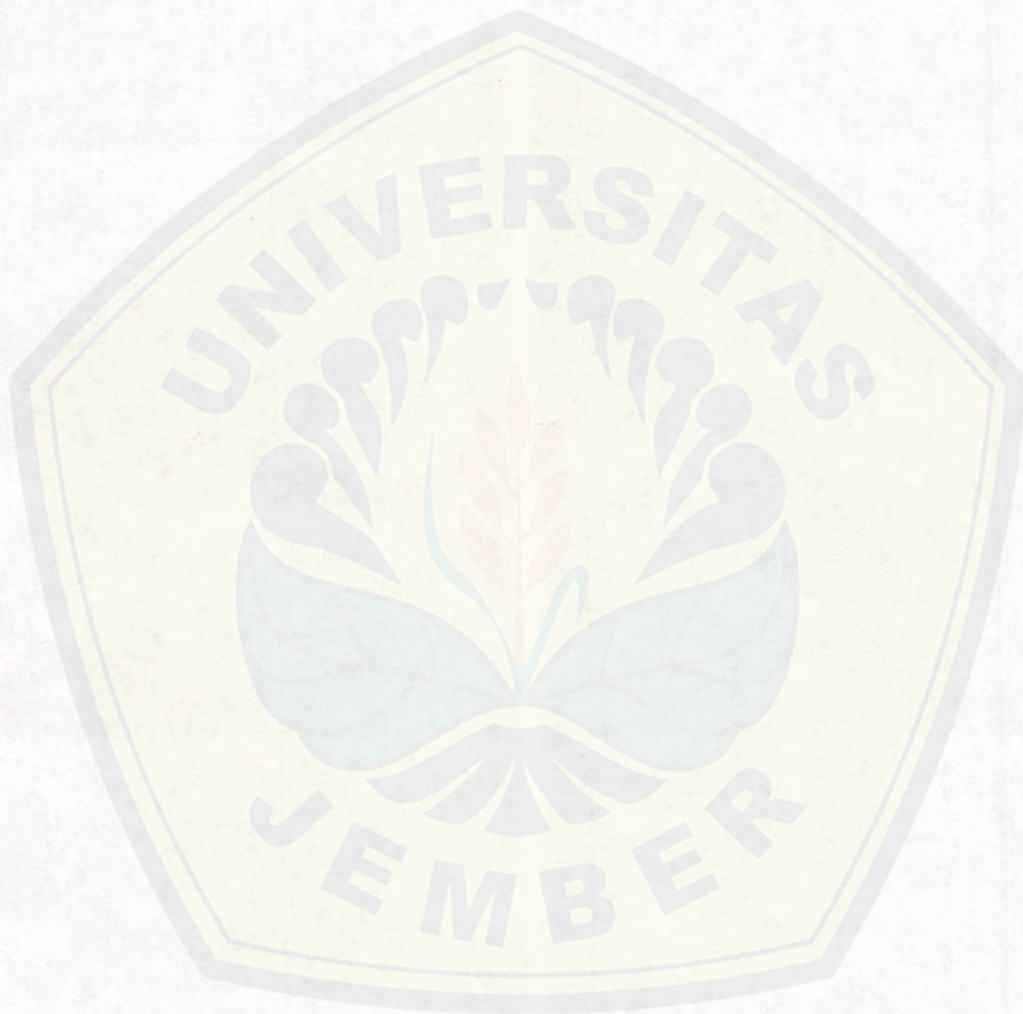
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSETUJUAN	
ABSTRAK .....	i
MOTTO .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
PERSEMBAHAN .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat .....	3
1.4.1 Tujuan .....	3
1.4.2 Manfaat .....	3
1.5 Sistematika Laporan .....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Mikrokontroler AT89C51 .....	6
2.1.1 Keluarga MCS-51 .....	7
2.1.2 Konfigurasi Pin-Pin MCU AT89C51 .....	11
2.1.3 Organisasi Memori AT89C51 .....	13
2.1.3.1 Memori Data Internal .....	13
2.1.3.2 Memori Data Eksternal .....	14
2.1.4 Register Fungsi Khusus .....	15
2.2 IC ADC 0809 (Analog Digital Converter) .....	18
2.3 Sensor Suhu .....	25

2.4	Operational Amplifier .....	26
2.4.1	Op-Amp Sebagai Pengikut Tegangan .....	27
2.4.2	Op-Amp Sebagai Deferensial Amplifier .....	28
2.5	Dekoder 7 Segment IC 7447 .....	29
2.6	IC 74138 (Penyandi 3 Ke 8).....	30
2.7	Rangkaian Driver .....	32
2.8	Relay.....	34
2.9	Motor DC .....	35
2.10	Pasangan Darlington.....	37
2.11	Pulse Width Modulation Basic (PWM).....	38
III.	METODOLOGI .....	41
3.1	Metode Kegiatan .....	41
3.1.1	Studi Literatur.....	41
3.1.2	Metode Pengerjaan Alat.....	41
3.1.3	Metode Kalibrasi .....	42
3.1.4	Metode Pengujian Alat.....	42
3.1.5	Metode Analisa Data.....	42
3.2	Alat dan Bahan .....	43
3.2.1	Alat .....	43
3.2.2	Bahan.....	43
3.3	Perencanaan dan Pembuatan Alat .....	44
3.3.1	Perencanaan Program pada MCU AT89C51 .....	44
3.3.2	Pengisian Program Assembler pada MCU AT89C51 .....	45
3.3.3	Perancangan Rangkaian dan Pembuatan PCB .....	45
3.4	Pengujian Alat .....	45
3.5	Spesifikasi Alat.....	46
3.6	Perhitungan Suhu dan Kecepatan.....	47
IV.	HASIL DAN PENGUJIAN .....	48
4.1	Tinjauan Umum.....	49
4.2	Blok Diagram .....	49

4.2.1 Rangkaian Mikrokontroler .....	50
4.2.2 Rangkaian ADC 0809 .....	50
4.2.3 Rangkaian Sensor Suhu.....	51
4.2.4 Rangkaian Pemicu Heater .....	51
4.2.5 Rangkaian Driver Motor (PWM) .....	51
4.2.6 Rangkaian Penampil.....	51
4.3 Perencanaan dan Pembuatan Hardware .....	52
4.3.1 Hardware AT89C51 .....	52
4.3.2 Rangkaian ADC 0809 .....	53
4.3.3 Rangkaian Sensor Suhu.....	57
4.3.4 Rangkaian Display 7 Segment .....	60
4.3.5 Rangkaian Driver Motor DC .....	62
4.3.6 Rangkaian Driver untuk Kontrol Pemanas (Heater) .....	64
4.3.7 Elemen Pemanas.....	66
4.3.7.1 Rugi Daya untuk Memanaskan Udara dalam Ruang ....	66
4.3.7.2 Rugi Daya Akibat Radiasi.....	68
4.3.7.3 Rugi Daya Akibat Konveksi.....	70
4.3.8 Kotak Pengering dan Konveyor .....	72
4.4 Perangkat Lunak.....	73
4.5 Pengujian Hasil Perancangan .....	75
4.5.1 Umum.....	75
4.5.2 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler .....	75
4.5.3 Pengujian Rangkaian ADC .....	76
4.5.4 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu.....	79
4.5.5 Pengujian Rangkaian Driver Motor .....	81
4.5.6 Pengujian Rangkaian Pemicu Heater .....	82
4.5.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	83
V. PENUTUP .....	85
5.1 Kesimpulan.....	85
5.2 Saran.....	86

DAFTAR PUSTAKA.....	88
Lampiran .....	89



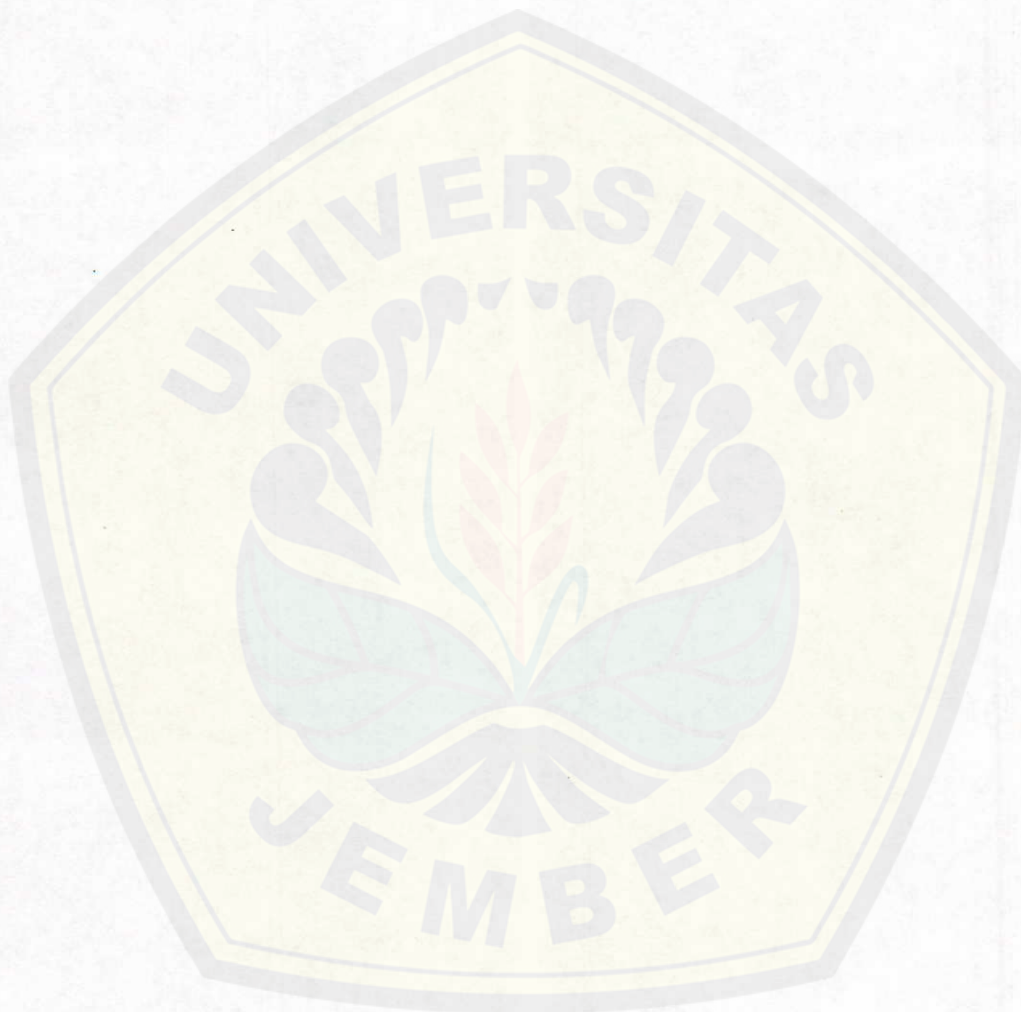
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Keluarga Mikrokontroler MCS-51 .....	7
Tabel 2.2	Register Pemilihan Bank .....	15
Tabel 2.3	Pembagian Alamat pada SFR .....	17
Tabel 2.4	Pengalamatan pada ADC 0809 .....	23
Tabel 2.5	Tabel Kebenaran Enkoder IC 7447 .....	30
Tabel 2.6	Tabel Kebenaran IC 74LS138 .....	32
Tabel 4.1	Tabel Persamaan Konveksi .....	71
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0809 .....	77
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu .....	79
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Rangkaian Penggerak Heater .....	83
Tabel 4.5	Waktu Yang Dibutuhkan Untuk Mencapai Suhu Kerja .....	83
Tabel 4.6	Perbandingan Pengeringan Dengan Sinar Matahari .....	83

**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1	Blok Diagram AT89C51 .....	9
Gambar 2.2	Konfigurasi dari MCU AT89C51 .....	10
Gambar 2.3	Diagram Blok ADC .....	20
Gambar 2.4	Konfigurasi Pin ADC 0809 .....	22
Gambar 2.5	Aplikasi IC Sensor Temperatur LM 335 .....	25
Gambar 2.6	Penguat Operasional .....	26
Gambar 2.7	Pengikut Tegangan .....	27
Gambar 2.8	Deferensial Amplifier .....	28
Gambar 2.9	Konfigurasi Pin IC 7447 .....	29
Gambar 2.10	Konfigurasi Pin 74LS138 .....	31
Gambar 2.11	Rangkaian Driver .....	33
Gambar 2.12	Simbol Relay .....	34
Gambar 2.13	Motor DC .....	35
Gambar 2.14	Rangkaian Pengganti Motor DC Seri .....	36
Gambar 2.15a	Rangkaian Pengganti Motor DC Kompon Pendek .....	37
Gambar 2.15b	Rangkaian Pengganti Motor DC Kompon Panjang .....	37
Gambar 2.16	Pasangan Darlington .....	38
Gambar 2.17	Kawat Pemanas (Heater) .....	40
Gambar 4.1	Diagram Alat Pengering Marking dan Pengeras Silikon .....	50
Gambar 4.2	Rangkaian Mikrokontroler AT89C51 .....	53
Gambar 4.3	Rangkaian ADC 0809 .....	54
Gambar 4.4	Rangkaian Pembangkit Clock .....	56
Gambar 4.5	Rangkaian Sensor Suhu .....	60
Gambar 4.6	Rangkaian 7 Segment .....	60
Gambar 4.7	Rangkaian Driver Motor DC (PWM) .....	62
Gambar 4.8	Rangkaian Driver Heater .....	64
Gambar 4.9	Diagram Alir Program .....	74
Gambar 4.10	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor Suhu .....	79

Gambar 4.11a	Pulsa yang Dihasilkan pada Frekuensi 31,5 Hz.....	82
Gambar 4.11b	Pulsa yang Dihasilkan pada Frekuensi 40 Hz .....	82
Gambar 4.11c	Pulsa yang Dihasilkan pada Frekuensi 45 Hz.....	82







## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 LATAR BELAKANG

Dalam suatu industri baik yang berskala besar, menengah atau yang berskala kecil, proses kerja produksi dituntut untuk serba cepat dan konstan. Dalam proses produksi secara utuh, produk harus melewati urutan-urutan proses sebelum dipasarkan ke konsumen. Sebagai salah satu ilustrasi proses yang harus dan mesti dilewati produk yaitu proses pemberian nama produk atau nama dari perusahaan yang memproduksi. Proses seperti ini lazimnya dinamakan proses *marking*. Proses *marking* yang pengerjaannya menggunakan media plastik sebagai tempat pemberian *marking* biasanya digunakan tinta yang bersifat permanen. Tetapi akan mudah terhapus jika belum benar-benar kering atau tulisan yang dihasilkan tidak maksimal. Untuk menghindari kesalahan seperti di atas maka sebelum produk diteruskan ke proses selanjutnya produk yang sudah di-*marking* akan dikeringkan terlebih dahulu.

Dalam suatu industri biasanya proses pengeringan ini menggunakan mesin pengering yang dikontrol PLC (*Programmable Logic Control*). Untuk penggunaan PLC sebagai otak kerja dalam mesin pengering nantinya akan digantikan dengan mikrokontroler dengan pertimbangan harga pasar yang terjangkau dengan kualitas yang baik serta mudah dalam pengoperasiannya. Disamping sebagai pengering *marking* mesin ini nantinya dapat juga diaplikasikan sebagai suatu alat pengeras *silicon*; misalnya pada produksi

pembuatan lampu spiral dimana *silicon* digunakan sebagai perekat antara kepala lampu (*holder*) dengan lampunya (*bulb*).

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar (*market need*) dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil.

Pengontrolan dengan mikrokontroler ini berfungsi untuk menjalankan motor DC yang berputar secara stabil tetapi dengan kecepatan tertentu dan menjaga suhu *heater* pada range yang di-*setting*. Sehingga nantinya diharapkan suatu alat pengering dengan konveyor yang akan dikombinasikan dengan *heater*. Dengan kombinasi diatas didapatkan produk yang maksimal dan mudah dalam pengoperasian.

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Menilik latar belakang permasalahan diatas, dengan memanfaatkan PC sebagai media pembuatan program dan mikrokontroler sebagai pemroses program dapat dirumuskan beberapa permasalahan yakni;

1. Proses pembuatan alat pengering marking dan pengeras *silicon* beserta macam-macam komponen dasar yang dibutuhkan.
2. Cara kerja pemakaian dari alat pengering *marking* dan pengeras *silicon*.
3. Cara mengetahui tingkat keberhasilan dari alat pengering marking dan pengeras silikon sehingga dapat dijadikan acuan seberapa jauh produk yang dihasilkan maksimal.

### 1.3 BATASAN MASALAH

Untuk mencegah pembahasan yang terlalu luas dan menjauh dari sasaran yang dimaksud, maka penulis membatasi masalah pada proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membahas proses pengontrolan pada mikrokontroler
2. Membahas pengaturan putaran motor pada konveyor dengan hanya membatasi pada tiga pilihan kecepatan.
3. Membahas pengaturan panas *heater* dengan hanya membatasi pada tiga pilihan suhu.
4. Tidak membahas sistem mekanis dari motor DC sebagai pengerak *belt* konveyor.

### 1.4 TUJUAN DAN MANFAAT

#### 1.4.1 TUJUAN

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini yaitu merancang protipe alat pengering *marking* dan pengeras silikon dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pusat kerja untuk mengatur suhu ruangan dengan mengontrol aktivitas *heater* pada *range* tertentu dan juga untuk mengontrol kecepatan motor sebagai pengerak konveyor.

#### 1.4.2 MANFAAT

Proyek Akhir ini manfaat yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Dengan adanya alat pengering *marking* dan pengeras silikon diharapkan dapat mempercepat proses produksi.

2. Dapat bermanfaat sebagai tambahan pengalaman dalam membuat alat pengering *marking* dan pengeras silikon dengan menggunakan mikrokontroler sebagai otak kerja alat.

## 1.5 SISTEMATIKA LAPORAN

Dengan maksud untuk mempermudah pembaca dalam memahami isi dari laporan proyek akhir ini, maka kami membagi laporan proyek akhir ini kedalam beberapa bab yakni :

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Berisi uraian tentang latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat serta sistematika pembahasan yang dijadikan patokan dalam pengerjaan proyek akhir ini.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan pustaka merupakan landasan teori yang menjadi dasar dalam pembuatan dan pengerjaan proyek akhir ini, yakni meliputi tentang pembahasan masing-masing komponen yang digunakan dalam pembuatan alat, beserta pembahasan mengenai perangkat lunak bahasa *assembler*.

### **BAB III : METODOLOGI KEGIATAN**

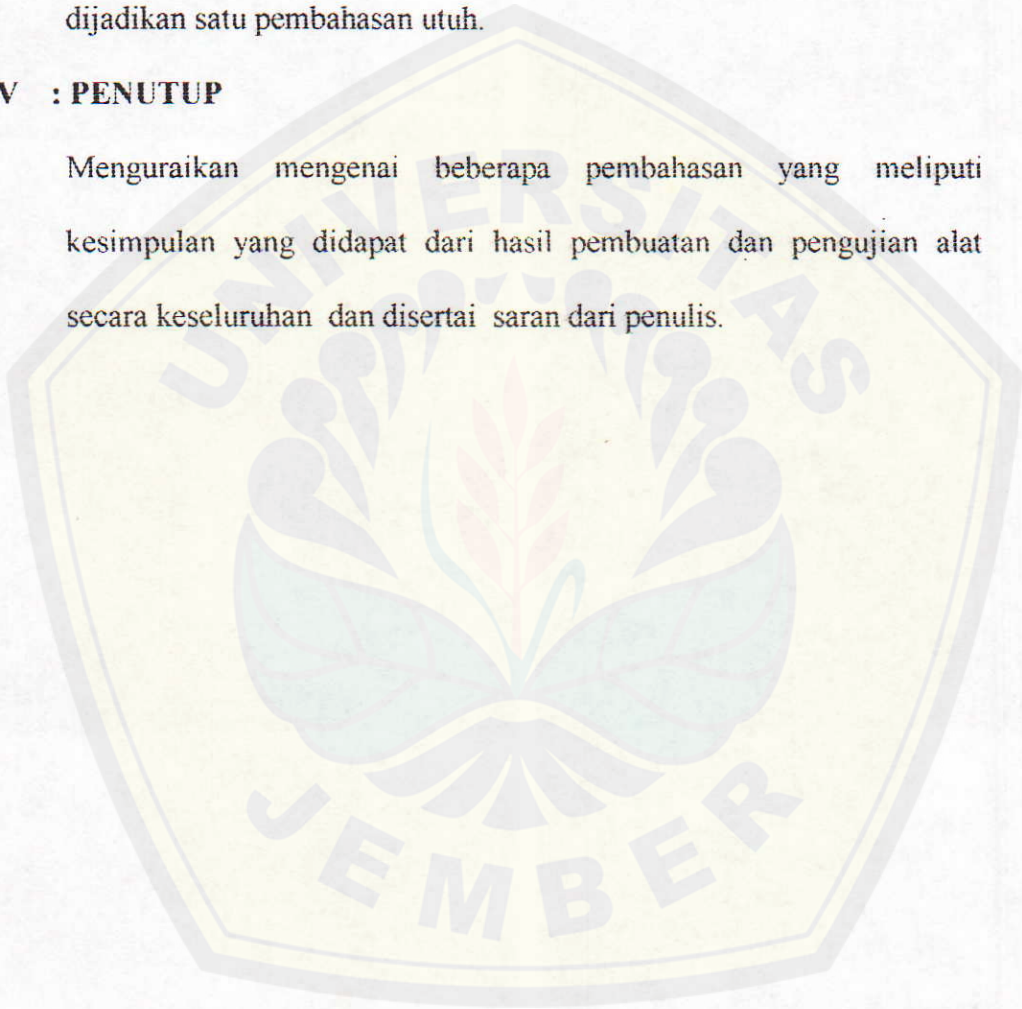
Diuraikan mengenai metode-metode kegiatan yang diterapkan dalam pembuatan proyek akhir, yang terdiri atas perancangan alat baik dari perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) serta metode dalam pengambilan keputusan dan kesimpulan.

**BAB IV : PERENCANAAN DAN PENGUJIAN**

Menjelaskan proses perencanaan dan pembuatan alat kemudian diteruskan proses pengujian dan pembahasan alat yang meliputi pembahasan per blok dan kemudian pengujian secara keseluruhan dan dijadikan satu pembahasan utuh.

**BAB V : PENUTUP**

Menguraikan mengenai beberapa pembahasan yang meliputi kesimpulan yang didapat dari hasil pembuatan dan pengujian alat secara keseluruhan dan disertai saran dari penulis.





**BAB II**

**TINJAUAN PUSTAKA**

**2.1 Mikrokontroler AT89C51**

Mikrokontroler AT89C51 merupakan mikrokontroler 8 bit kompatibel dengan standart industri MCS-51 baik dari segi pemrograman dan kaki tiap pin. Mikrokontroler AT89C51 mempunyai 4 Kbyte PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*).

Pada dasarnya Mikrokontroler adalah terdiri dari mikroprosesor, *timer* dan *counter*, perangkat I/O dan *internal memory*. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Pada dasarnya Mikrokontroler mempunyai fungsi yang sama dengan mikroprosesor yaitu untuk mengontrol kerja dari sistem. Selain itu Mikrokontroler juga dikemas dalam satu chip (*single chip*). Di dalam Mikrokontroler juga terdapat CPU, ALU, PC, SP dan register seperti didalam mikroprosesor, tapi juga ditambah dengan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, *Counter* dan sebuah rangkaian *clock*. Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU. Banyak instruksi yang digabung dengan pin-pin pada *chip*-nya. Pin tersebut yaitu pin yang dapat diprogram (*programmable*) yang mempunyai fungsi yang berbeda tergantung pada kehendak pembuat program (*programmer*). Sedangkan mikroprosesor di desain sangat fleksibel dan mempunyai banyak *byte* instruksi. Semua instruksi bekerja dalam sebuah konfigurasi perangkat keras yang membutuhkan banyak

ruang memori dan perangkat I/ O di hubungkan ke alamat pin – pin data bus pada *chip*. Sebagian besar aktifitas pada mikroprosesor bekerja dengan kode instruksi dan data kepada dan dari memori luar CPU.

### 2.1.1 Keluarga MCS – 51

Keluarga mikrokontroler MCS – 51 adalah seperti tabel berikut ini :

**Tabel 2.1** Keluarga mikrokontroler MCS – 51

Tipe	Tipe tanpa EPROM	Tipe ber – EPROM	ROM (Bytes)	RAM (Bytes)	8 bit I/ O port	16 bit timer
8051	8031	-	4K	128	4	2
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2
80C52	80C32	-	8K	256	4	3
82C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3
83C51FB	80C51FB	87C51FB	16K	256	4	3
83C152	80C152	-	8K	256	5	3

Sumber : Moh. Ibnu Malik, 1997 : 5

Sebagai suatu sistem kontrol Mikrokontroler AT89C51 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena pada mikrokontroler di dalamnya sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor di dalamnya tidak terdapat kedua – duanya.

Mikrokontroler AT89C51 terdiri dari sebuah *Central Processing Unit* (CPU), dua jenis memori yaitu memori data (RAM) dan memori program (ROM),

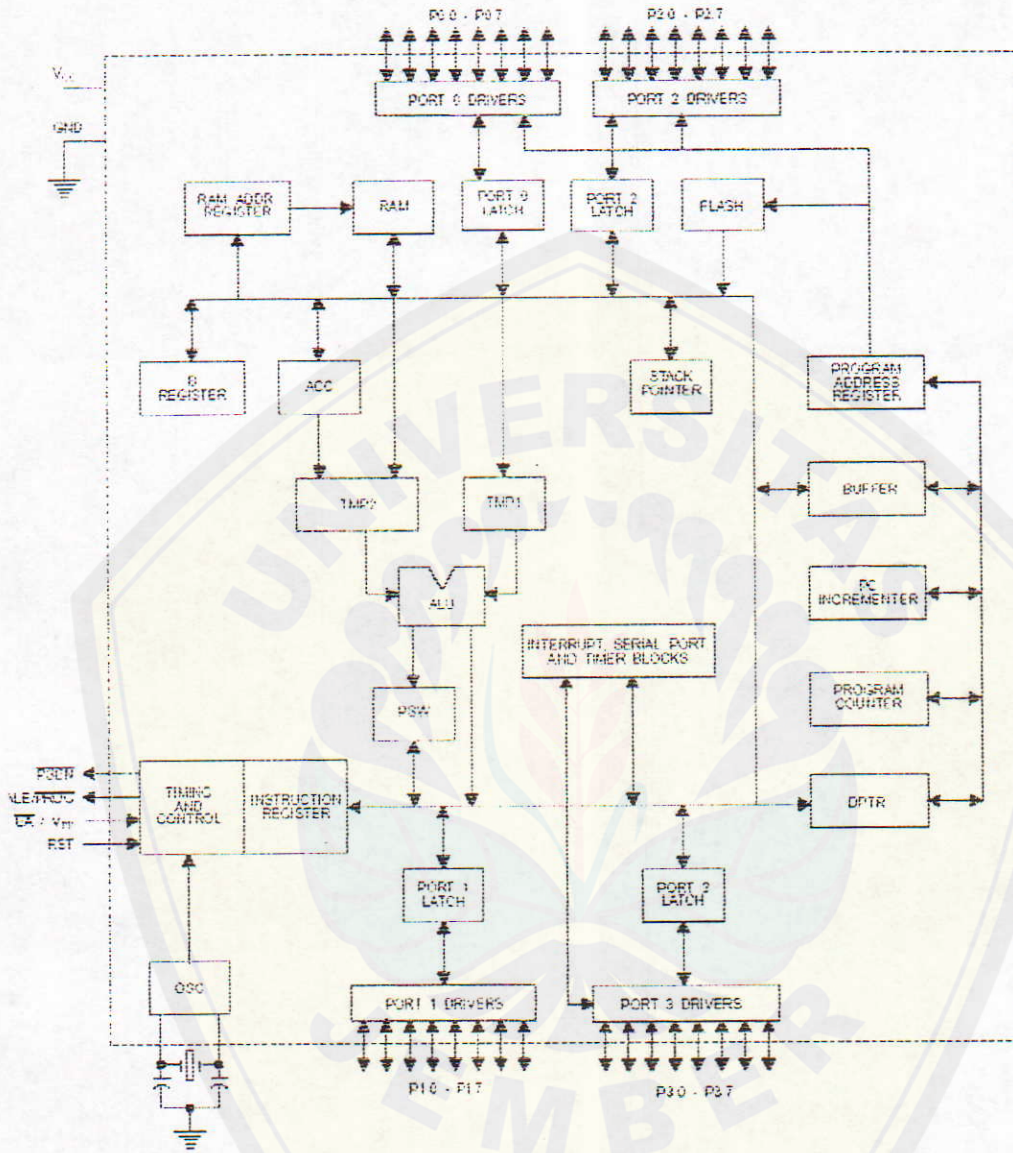
port I/ O dengan *programmable* pin secara independen, dan register – register mode, status, internal *timer* dan *counter*, *serial communication* dan serta logika *random* yang diperlukan oleh berbagai fungsi *peripheral*. Masing-masing bagian saling berhubungan satu dengan yang lain lewat kabel data bus 8 bit. Bus ini di buffer melalui port I/ O bila di perlukan perluasan memori atau sebagian perangkat I/ O.

MCU AT89C51 mempunyai arsitektur sebagai berikut :

1. 8 bit CPU dengan register A (*Accumulator*) dan register B (*Match Register*).
2. 16 bit PC (*Program Counter*) dan DPTR (*Data Pointer*) register.
3. 8 bit PSW (*Program Status Word*) register.
4. 8 bit SP (*Stack Pointer*).
5. Internal ROM atau EPROM dengan kapasitas 4 Kbytes.
6. Internal RAM dengan kapasitas 128 bytes yang di gunakan 4 buah register bank, yang masing – masing terdiri dari 8 register, 16 byte, yang mana dapat dieksekusi pada masing – masing bit secara independen (*Bit Addressable*) dan sebagai data memori variabel 8 bit.
7. 32 I/ O pin yang di susun pada 4 port (port 0 – port 3).
8. 2 buah bit *timer/ counter* (T0 dan T1).
9. *Control register*: TCON, TMOD, SCON, PCON, IP, dan IE.
10. SBUF (*Full Duplex Serial Data Communication*).
11. 2 *eksternal interupt* dan 3 *internal interupt*.
12. *Oscilator* dan *clock circuit*.



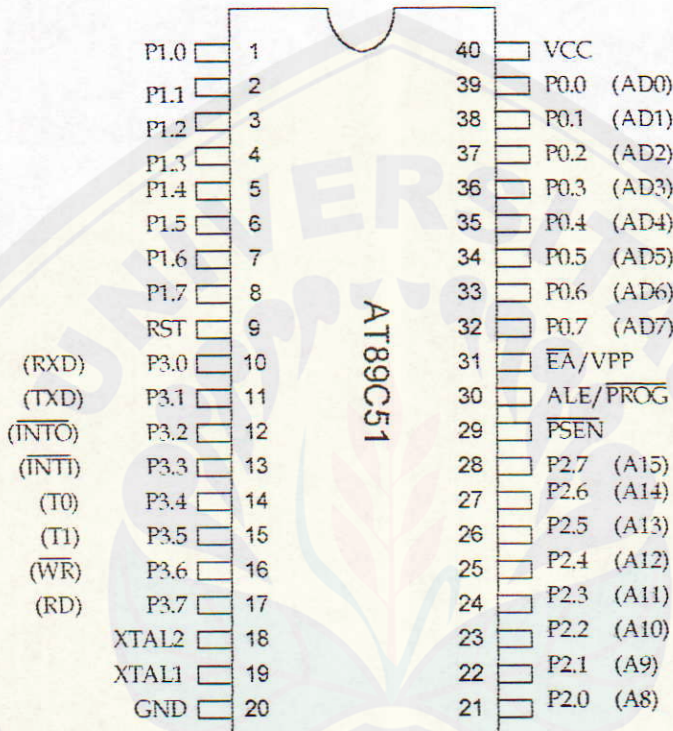
Berikut ini adalah arsitektur dari MCU AT89C51 :



Gambar 2.1 Blok Diagram AT89C51  
 Sumber : Atmel Data Sheet, www.Atmel.com

### 2.1.2 Konfigurasi Pin – Pin MCU AT89C51

Konfigurasi mikrokontroler AT89C51 di golongan menjadi pin *number* tegangan, pin osilator, pin kontrol, pin I/ O, dan pin untuk proses interupsi luar. Gambar berikut adalah konfigurasi pin AT89C51.



Gambar 2.2 Konfigurasi dari MCU AT89C51  
Sumber : Atmel Data sheet, [www.Atmel.com](http://www.Atmel.com)

Fungsi – fungsi dari pin – pin MCU AT89C51 :

**a. Vcc**

Pin positif sumber tegangan 5 Vdc

**b. Ground**

Pin *grounding* sumber tegangan

**c. Port 0**

Port 0 merupakan port I/ O 8 bit *full duplex*. Port ini dapat digunakan sebagai multipleks bus ke alamat rendah dan bus data selama adanya akses ke memori program atau data luar.

**d. Port 1**

Port 1 merupakan port I/ O 8 bit *full duplex*. Port ini dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran tanpa tergantung dari pin yang lain.

**e. Port 2**

Port 2 sama seperti port 0 atau port 1. Port ini dapat digunakan sebagai bus alamat tinggi selama bus ada akses ke memori program atau data luar.

**f. Port 3**

Port 3 juga sama seperti port 2, tetapi port ini mempunyai ke-istimewaan antara lain:

- P3.0 (RxD) : Masukan penerima data serial.
- P3.1 (TxD) : Keluaran pengirim data serial.
- P3.2 (INT0) : Interupsi 0 eksternal.
- P3.3 (INT1) : Interupsi 1 eksternal.
- P3.4 (TO) : Masukan eksternal waktu/ pencacah 0.
- P3.5 (TI) : Masukan eksternal waktu/ pencacah 1.
- P3.6 (WR) : *Strobe* penulisan memori data eksternal.
- P3.7 (RD) : *Strobe* pembacaan memori data eksternal

**g. RST/ VPD**

Pin ini berfungsi untuk *me-reset* sistem mikrokontroler AT89C51.

Perubahan tegangan dari rendah ke tinggi akan *me-reset* mikrokontroler.

**h. ALE/ PROG**

Pin ini berfungsi untuk mengunci alamat rendah pada saat akses memori program luar selama operasi normal.

**i. PSEN**

Pin yang berfungsi menghubungkan memori program eksternal dengan bus selama operasi normal.

**j. EA/ VDD**

Pin pengontrol pokok pada mikrokontroler, aktif pada posisi rendah.

**k. XTAL 1**

Pin ini merupakan masukan ke penguat osilator berpenguat tinggi. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau sumber osilator dari luar.

**l. XTAL 2**

Pin ini merupakan keluaran dari penguat osilator. Pin ini di hubungkan dengan kristal atau *ground* jika menggunakan sumber kristal internal.

**2.1.3 Organisasi Memori AT89C51****2.1.3.1 Memori Data Internal**

Pada mikrokontroler AT89C51 terdapat internal memori data. Internal memori data di alamat dengan lebar 1 byte. *Lower* 128 (00H – 7FH) terdapat pada semua anggota keluarga MCS – 51. Pada *lower* 128 lokasi memori terbagi atas 3 bagian yaitu :

**a. Register Bank 0 – 3**

32 byte terendah terdiri dari 4 kelompok (bank) register, yang masing-masing dari kelompok register dapat dipilih dengan melalui register PSW. Pada register PSW RS0 dan RS1 digunakan untuk memilih kelompok register yang ada.

**b. Bit Addressable**

16 byte di atas kelompok register tersebut membentuk suatu lokasi blok memori yang dapat di alamat dari 20H – 2FH.

**c. Scratch Pad Area**

Dimulai dari alamat 30H – 7FH yang digunakan untuk inisialisasi alamat bawah dari *Stack Pointer*. Jika telah di-inisialisasi, alamat bawah dari *Stack Pointer* akan naik ke atas sampai 7FH.

Sedangkan pada 128 byte atas (*Upper 128*) di tempati oleh suatu register yang memiliki fungsi khusus yang disebut dengan SFR.

### 2.1.3.2 Memori Data Eksternal

Untuk mengakses memori program eksternal, pin EA di hubungkan ke ground. Enam belas jalur I/O (pada port 0 dan port 2) difungsikan sebagai bus alamat port 0 mengeluarkan alamat rendah (A0 – A7) dari pencacah program (*program counter*). Pada saat port 0 mengeluarkan alamat rendah, maka sinyal ALE (*Address Lacth Enable*) akan menahan alamat pada pengunci port 2 yang merupakan alamat tinggi (A8 – A15) yang bersama-sama alamat rendah (A0 –

A7) membentuk alamat 16 bit. Sinyal PSEN digunakan untuk membaca memori program eksternal.

Mikrokontroler AT89C51 memiliki data berupa RAM internal sebesar 128 byte. Dari jumlah tersebut, 32 byte terendah di kelompokkan menjadi 4 bank. Tiap-tiap bank terdiri dari 8 register. Pemilihan bank dilakukan melalui register *Program Status Word* (PSW). 16 byte berikutnya membentuk satu blok memori yang dapat di alamat per bit. Memori data ini dapat diakses baik langsung atau tidak langsung.

#### 2.1.4 Register Fungsi Khusus

Register dengan fungsi khusus (*Special Function Register/ SFR*) terletak pada 128 byte bagian atas memori data internal. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80H sampai FFH. Pengalamatan harus khusus di akses secara langsung baik secara bit maupun secara byte. Register-register khusus dalam MCS – 51, yaitu:

##### 1. Akumulator atau register A dan register B

Register B : register ini di gunakan untuk proses perkalian dan pembagian bersama dengan *accumulator*.

##### 2. PSW

Register ini terdiri dari beberapa bit status yang menggambarkan kejadian di accumulator sebelumnya, yaitu *Carry bit*, *Auxiliary carry*, dua buah bit pemilih bank (RS0 dan RS1), bendera *overflow*, *parity bit* dan dua buah

berderas yang dapat di definisikan sendiri oleh pemakai. Ada 4 bank yang dapat di pilih untuk di gunakan yang semuanya bersifat *addressable* yaitu :

**Tabel 2.2 Register Pemilihan Bank**

RS1	RS0	Register
0	0	BANK 0
0	1	BANK 1
1	0	BANK 2
1	1	BANK 3

### 3. SP

Merupakan register 8 bit. Register SP dapat di tempati dalam suatu alamat maupun RAM internal. Isi register ini di tambah sebelum data di simpan, selama instruksi PUSH dan CALL. Pada saat reset register SP di inisialisasi pada alamat 07H sehingga stack akan di mulai pada lokasi 08H.

### 4. DPTR

Adalah suatu register yang digunakan untuk pengalamatan tidak langsung. Register ini digunakan untuk mengakses memori program baik internal maupun eksternal, juga digunakan untuk alamat eksternal data. DPTR ini dikontrol oleh dua buah register 8 bit yaitu DHP dan DPL.

### 5. Register Prioritas Interupsi ( *Interrupt Priority/ IP* )

Merupakan suatu register yang berisi bit-bit untuk mengaktifkan prioritas dari suatu *interrupt* yang ada pada *mikrokontroller* pada taraf yang diinginkan.

**6. *Interrupt Enable Register (EI)***

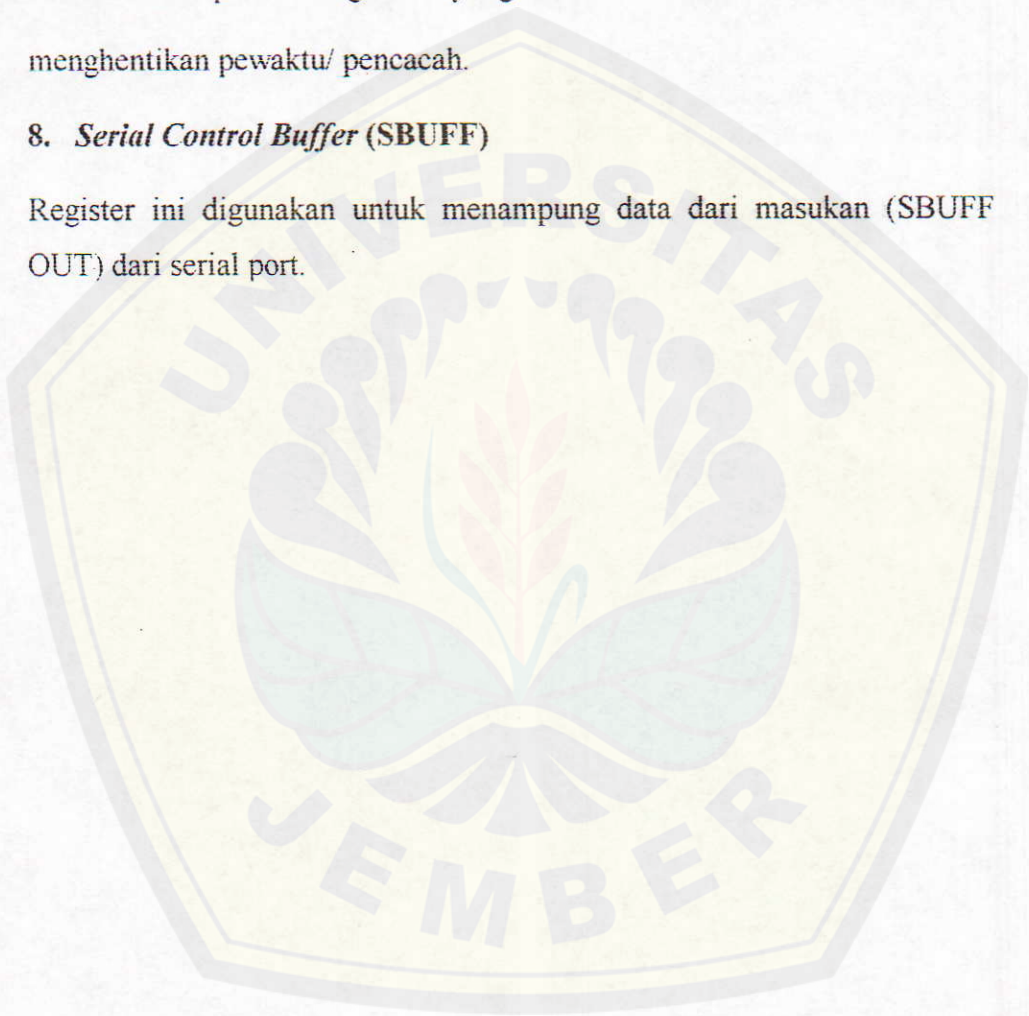
EI merupakan register yang berisi bit-bit untuk menghidupkan atau mematikan sumber *interrupt*.

**7. *Timer/ Counter Control Register (TCON)***

TCON merupakan register yang berisi bit-bit untuk memulai/ menghentikan pewaktu/ pencacah.

**8. *Serial Control Buffer (SBUF)***

Register ini digunakan untuk menampung data dari masukan (SBUF OUT) dari serial port.





Berikut adalah tabel pembagian alamat pada register fungsi – fungsi khusus :

**Tabel 2.3 Pembagian alamat pada SFR**

SYMBOL	NAME	ADDRESS
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Poin 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	080H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrput Enable Control	0ABH
TMOD	Timer/ Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/ Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/ Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer/ Counter 0 High Control	8CH
TL0	Timer/ Counter 0 Low Control	8DH
TH1	Timer/ Counter 1 High Control	8DH
TL1	Timer/ Counter 0 Low Control	8BH
* TH2	Timer/ Counter 2 High Control	0CDH
*TL2	Timer/ Counter 0 Low Control	0CCH
*RCAP2H	T/C Capture Reg. High Byte	0CBH
+RCAP2L	T/C Capture Reg. Low Byte	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H

Sumber : Advaced Mikro Device, 1998 : 36

Keterangan :

\* = Bit addressable

+ = 8052 only

## 2.2 IC ADC 0809 (*Analog Digital Converter*)

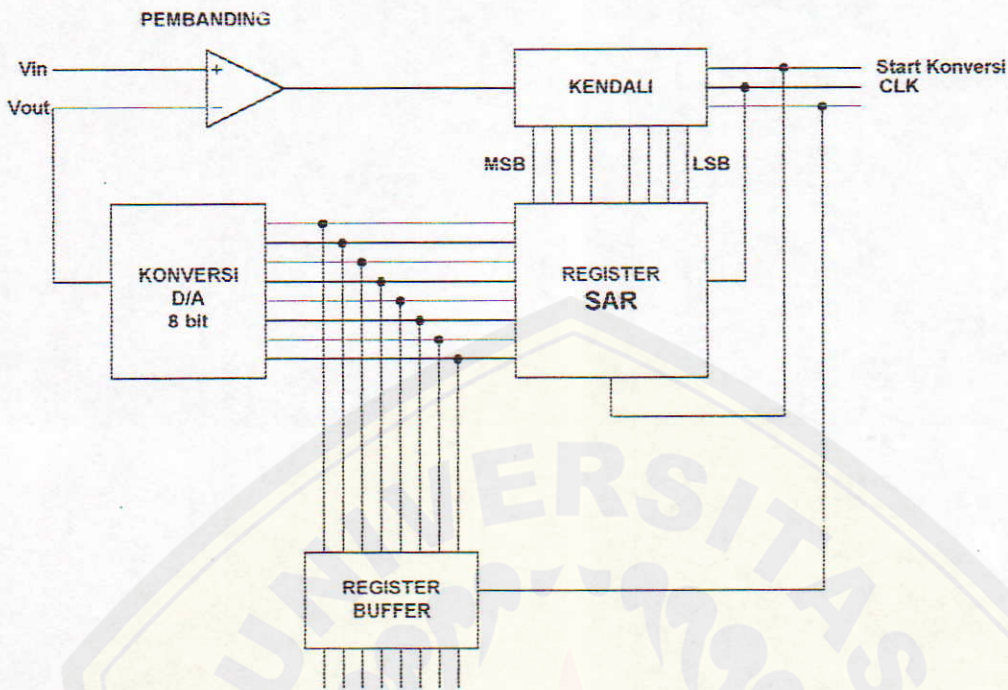
Pada pengontrolan nantinya direncanakan berhubungan langsung dengan (mikro) komputer, maka sinyal-sinyal analog khususnya dari rangkaian pengkondisi sinyal harus terlebih dahulu menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca dan diproses oleh (mikro)komputer. *Analog to Digital Converter* atau lebih dikenal dengan ADC adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital. Adapun IC ADC 0809 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dari rangkaian yang akan dibuat. IC jenis ini bekerja secara baik dan cermat untuk mengkonversikan secara cepat sinyal tegangan analog. Adapun Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat mengkonversikan oleh ADC dari rangkaian pengkondisi sinyal, resolusi, pewaktu eksternal ADC, tipe keluaran, ketepatan dan waktu konversinya.

Beberapa karakteristik penting ADC :

1. Waktu konversi: Waktu yang diperlukan oleh ADC untuk menghasilkan suatu kode biner yang tepat untuk tegangan masukan yang diberikan. Sebuah konverter disebut berkecepatan tinggi jika memiliki waktu konversi yang pendek.

2. Resolusi: Perubahan terkecil yang terjadi pada keluaran analog sebagai suatu hasil dari perubahan pada masukan digital. Resolusi selalu sama dengan bobot dari LSB atau disebut juga 'step size' karena step size merupakan besarnya tegangan keluaran pada saat kode masukan berubah dari satu step ke step berikutnya. Resolusi dapat dinyatakan sebagai besarnya tegangan per-step atau  $\frac{1}{2}^n$ . Misalnya ADC 0809 mempunyai resolusi 8 bit sebesar  $\frac{1}{2}^8$  atau 0,39%.
3. Ketidak-*linier*-an: Simpangan maksimum dari garis lurus yang ditarik melalui titik-titik keluaran yang diharapkan.
4. Akurasi: Perbedaan antara tegangan masukan secara ideal yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu kode biner tertentu terhadap tegangan masukan sebenarnya.

Ada banyak cara yang dapat digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang nilainya proposional. Jenis ADC yang biasa digunakan dalam perancangan adalah jenis *successive approximation conversion* atau pendekatan bertingkat yang memiliki waktu konversi jauh lebih singkat dan tidak tergantung pada nilai masukan analognya atau sinyal yang akan diubah, dalam gambar 2.3 memperlihatkan diagram blok ADC tersebut.



Gambar 2.3 Diagram blok ADC  
Sumber : Malvino, 1986 :344

Proses konversi dimulai dengan memberikan pulsa start. Akibat pulsa start ini, logika kendali akan mereset semua register kontrol, sehingga keluaran register sama dengan 0 dan  $V_{out} = 0$  volt. Karena itu  $V_{out} < V_{in}$ , karena keluaran komparator akan berada pada logika 1. Timbulnya logika 1 ini, maka logika kendali akan mengisi data konversi dengan coba-coba dimulai data MSB (D7) dan kemudian dimasukkan register SAR adalah 1000.0000. Keluaran digital ini akan diubah kedalam bentuk sinyal analog oleh D/A converter dan dibandingkan oleh sebuah komparator. Bila nilai ini lebih besar dari  $V_{in}$ , keluaran sinyal negatif dari pembanding yang menuju kerangkaian kendali akan mereset MSB (D7). Jika  $V_{out}$  dari konversi kurang dari  $V_{in}$ , keluaran positif dari pembanding akan menunjukkan bahwa MSB tetap dalam keadaan tinggi (set).

Jika dalam operasi A/D tersebut nilai MSB tidak direset. Register SAR sekarang menyimpan data 1000 0000. pulsa detak (CLK) berikutnya akan mereset bit D6 dengan demikian data digital yang ada pada register SAR 1100 0000. Jika  $V_{out}$  lebih besar dari  $V_{in}$ , keluaran Op – Amp yang negatif menyebabkan *reset* dari D6. Jika  $V_{out}$  lebih kecil dari  $V_{in}$ , D6 tetap bertahan dalam keadaan tinggi (*set*).

Jika pulsa-pulsa selanjutnya secara berturut-turut, bit-bit akan diuji. Proses pendekatan ini memerlukan satu periode pulsa *clock* untuk setiap bit yang merupakan salah satu kelebihan dari *approximation* ADC. Jadi jika menggunakan ADC jenis ini dengan 8 bit, maka setiap konversi sinyal diperlukan 8 bit periode pulsa *clock*. Bilamana suatu bit menyebabkan nilai  $V_{out}$  melebihi nilai  $V_{in}$ , maka bit yang akan bersangkutan akan di-*reset*. Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit di-*set* kemudian diuji, dan bilamana perlu perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8 *clock*, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekuivalen dengan nilai register SAR.

Apabila telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekuivalen ke dalam register *buffer*. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan dimulai siklus konversi yang baru.

ADC 0809 yang dipakai pada rangkaian ini mempunyai kemampuan konversi sebanyak 8 buah input analog secara *multiplexing* dan 8 buah output digital. Keistimewaan yang lain adalah mempunyai kecepatan yang tinggi,

ketelitian tinggi, dan konsumsi daya rendah. (dapat dilihat di Data Sheet ADC pada lampiran).

Konfigurasi pin ADC 0809 seperti diperlihatkan pada gambar 2.4

26	IN - 0	MSB 1	21
27	IN - 1	2	20
28	IN - 2	3	19
1	IN - 3	4	18
2	IN - 4	5	8
3	IN - 5	6	15
4	IN - 6	7	14
5	IN - 7	LSB 8	17
16	Reff (-)	EOC	7
12	Reff (+)	ADD-A	25
		ADD-B	24
		ADD-C	23
		ALE	22
		ENABLE	9
		START	6
		CLOCK	10

Gambar 2.4 Konfigurasi pin ADC 0809  
(Sumber : National Data Acquisition data book, 1995:2-52)

Fungsi masing-masing pin adalah sebagai berikut :

**1. Input Analog**

Ada sejumlah 8 input yang dapat dikonversi dengan cara *multiplex*, yakni mengatur kombinasi bit pada pin ADD A, B, C.

**2. Address A, B, C**

Untuk mengatur pemilihan analog input yang dikonversi, kombinasi yang mungkin, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Pengalamatan pada ADC 0809

Address C	Address B	Address A	Selected Analog Channel
0	0	0	IN 0
0	0	1	IN 1
0	1	0	IN 2
0	1	1	IN 3
1	0	0	IN 4
1	0	1	IN 5
1	1	0	IN 6
1	1	1	IN 7

(Sumber : National Data Acquisition data book, 1995:2-52)

### 3. Clock

*Clock* tempat memberikan pengaturan keserempakan kerja dalam internal ADC. Dengan kata lain clock berfungsi untuk menentukan kecepatan proses dan tergantung berapa besar frekuensi yang masuk ke ADC. Rangkaian pembangkit *clock* dibentuk dari sebuah *schmit trigger*. Untuk menentukan berapa besar frekuensi yang dihasilkan oleh rangkaian schmit trigger ini dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_{\text{count}} = \frac{1}{1,7RC} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$F_{\text{count}}$  = Frekuensi Counter (Hz)

R = Resistor (Ohm)

C = Capacitor (Farad)

#### 4. Ref (+) dan Ref (-)

Tegangan referensi untuk menentukan kenaikan bit keluaran.

#### 5. Output 8 bit

Saat keluarnya data digital hasil konversi yang dihubungkan dengan data bus jika di-*interface*-kan dengan komputer.

#### 6. ALE ( Address Lacth Enable )

ALE mengunci alamat yang telah diberikan pada ADD A, B, C dengan input analog yang akan dikonversi.

#### 7. Start

Untuk memberitahu agar ADC mulai mengkonversi tegangan input analog yang telah dipilih dengan memberikan pada kombinasi pada 3 bit alamat dan mengunci dengan ALE. Pin ini aktif tinggi.

#### 8. EOC ( End Of Conversion )

Pin ini akan memberikan sinyal aktif rendah jika ADC telah selesai mengkonversi tegangan analog yang diberikan. Pin ini dapat dihubungkan ke suatu port sebagai status atau ke pin *interrupt* dari *processor* sebagai tanda pemberitahuan agar CPU mengambil data yang telah siap.

#### 9. OE ( Output Enable )

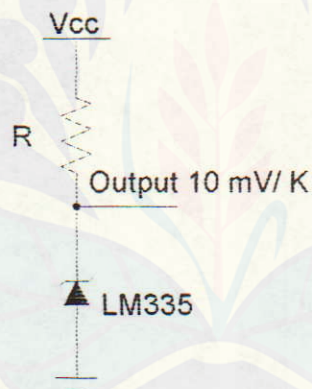
Setelah EOC memberikan pulsa aktif rendah sejenak maka berarti data siap di-*buffer* internal ADC, untuk mengambil yang masih ada *buffer* agar keluar ke data bus perlu memberikan pulsa aktif tinggi pada pin OE.



### 2.3 Sensor Suhu

Untuk mendapatkan besaran tegangan yang nantinya dijadikan masukan ADC maka besaran suhu harus diubah terlebih dahulu. Untuk ini diperlukan komponen yang dapat mengubah besaran suhu ke tegangan, yakni berupa sensor suhu.

Adapun sensor suhu yang digunakan adalah IC sensor temperatur LM 335. IC ini menghasilkan tegangan keluaran tiap derajatnya adalah sebesar 10 mV/K dan memiliki batas suhu antara  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $+100^{\circ}\text{C}$ . IC ini bekerja pada arus 400  $\mu\text{A}$  sampai 5 mA. (dapat dilihat pada Data Sheet LM 335 pada lampiran).



Gambar 2.5 Aplikasi IC sensor temperatur LM 335  
Sumber : National Semiconductor : 6 – 12

Tegangan keluaran dari IC LM 335 dapat dinyatakan sebagai :

$$V_o = (10 \text{ mV}/^{\circ}\text{K})T \quad (2.2)$$

T adalah temperatur yang tidak diketahui. Satuan untuk T dalam derajat Kelvin (K). Bila IC ini digunakan pada skala  $^{\circ}\text{C}$  maka persamaan di atas menjadi :

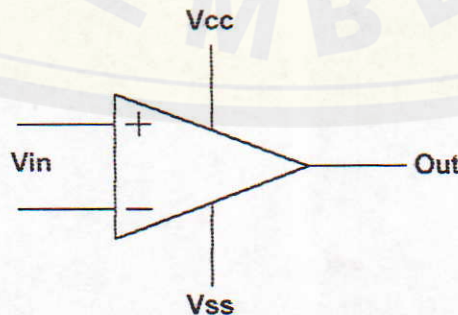
$$V_o = 2,73 \text{ V} + (10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C})T \quad (2.3)$$

## 2.4 Operational Amplifier

Penguat Operasional (*Operational Amplifier*) merupakan rangkaian elektronik berbentuk rangkaian terpadu atau IC (*Integrated Circuit*). Mempunyai kelebihan-kelebihan antara lain bentuk relatif kecil, sumber daya yang dibutuhkan kecil dan mudah dalam pemakaian. Penguat operasional (*Op-Amp*) banyak digunakan untuk macam-macam instrumentasi, rangkaian audio, radio, serta rangkaian pengendali.

Penguat operasional mempunyai dua terminal masukan, yaitu terminal masukan membalik (*inverting*) dan terminal tak membalik (*non inverting*) serta satu terminal keluaran. Untuk lebih mempermudah analisa, *Op-amp* diasumsikan sebagai *Op-amp* ideal. *Op-amp* ideal memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Impedansi masukan tinggi.
2. Impedansi keluaran rendah.
3. Penguat tegangan ( $A_v$ ) lingkaran terbuka sangat tinggi.
4. Lebar pita (*bandwidth*) sangat lebar.
5. Bila masukannya 0, keluarannya juga harus 0.

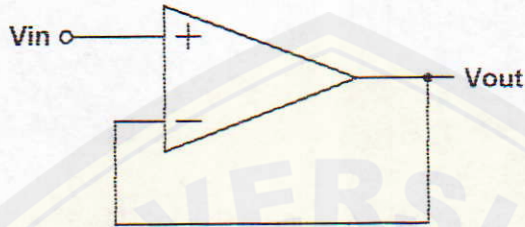


Gambar 2.6 Penguat Operasional  
Sumber : Coughlin, Robert.1993 : 12

### 2.4.1 Op-Amp sebagai Pengikut Tegangan

Berfungsi sebagai penyangga atau *buffer* dengan impedansi masukan ekstrim tinggi, impedansi keluaran ekstrim rendah dan penguatan sebesar 1 kali.

Rangkaian pengikut dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.7 Pengikut Tegangan  
(Sumber : Coughlin, Robert.1993 : 42)

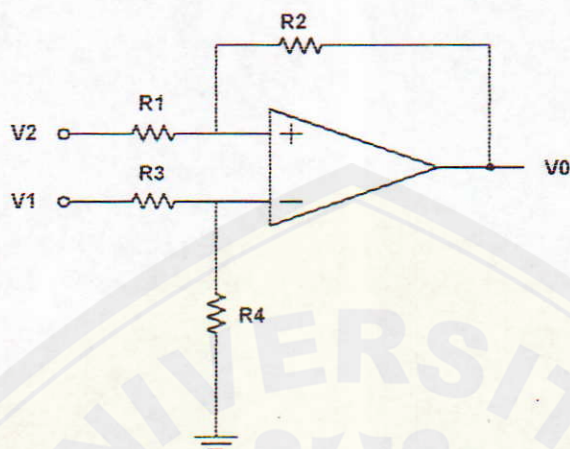
$$V_{out} = \left( 1 + \frac{R_f}{R_m} \right) V_{in} \quad (2.4)$$

$R_f$  merupakan tahanan balik dan  $R_m$  adalah tahanan masukan. Nilai perbandingan  $R_f/R_m$  pada rangkaian pengikut tegangan adalah 0, jika masukan persamaan diatas maka didapatkan penguatan lingkaran tertutup ( $A_{CL}$ ) = 1 dan didapatkan :

$$V_{out} = V_{in} \quad (2.5)$$

### 2.8.2 Op-Amp Sebagai Differensial Amplifier

Rangkaian dasar differensial amplifier ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Differensial Amplifier  
(Sumber : Jacob Millman, 1992: 261)

Penguat differensial digunakan untuk menguatkan perbedaan antara dua sinyal. Tegangan keluaran penguat differensial dapat dicari dengan menggunakan metoda superposisi.

Penguatan dari masukan membalik adalah :

$$V_{01} = -V_2 \frac{R_2}{R_1} \quad (2.6)$$

Penguatan dari masukan tak membalik adalah :

$$V_{02} = V_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2} \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \quad (2.7)$$

Maka  $V_0 = V_{01} + V_{02}$  (2.8)

$$V_0 = -V_2 \frac{R_2}{R_1} + V_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2} \left( \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \quad (2.9)$$

Jika  $R_1/R_2 = R_3/R_4$ . Maka  $V_0 = R_2/R_1 (V_1 - V_2)$  (2.10)

Dengan :

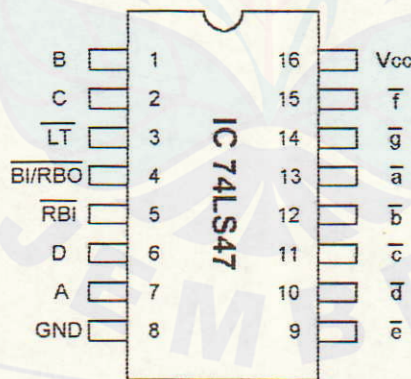
$V_0$  = Tegangan keluaran penguat differensial

$V_{01}$  = Penguatan dari masukan tak membalik

$V_{02}$  = Penguatan dari masukan membalik

### 2.5 Dekoder 7 Segment IC 7447

IC 7447 adalah suatu dekoder BCD ke 7 *segment*. Jika menerima masukan BCD, IC 7447 memberikan pengantananan yang sesuai bagi suatu peraga LED 7 *segment*. Sebagai contoh, jika masukan adalah LLHH (3) maka saluran keluaran a, b, c, d, g akan aktif rendah (di-*ground*-kan). Selanjutnya keluaran yang berlogika rendah ini akan mampu dilewati arus dari catu 7 *segment*, sehingga LED 7 *segment* yang di maksud akan menyala.



Gambar 2.9 Konfigurasi Pin IC 7447  
 Sumber : S. Wasito. 1994 :189

IC 7447 memiliki konfigurasi pin keluaran sebanyak 7 dan Dibawah ini ditunjukkan tabel kebenaran dari IC 7447

Tabel 2.5 Tabel Kebenaran Enkoder IC 7447

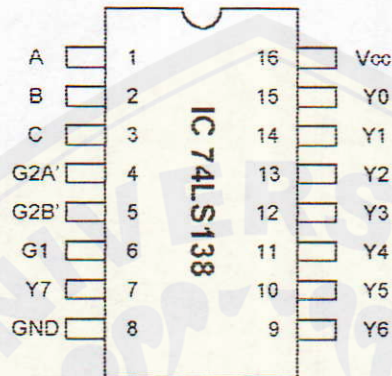
DES	INPUT						BI/ RBO	OUTPUT							
	LT	RB	D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g	
0	H	H	L	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	
1	H	X	L	L	L	H	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
2	H	X	L	L	H	L	H	ON	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	
3	H	X	L	L	H	H	H	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	
4	H	X	L	H	L	L	H	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	
5	H	X	L	H	L	H	H	ON	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON	
6	H	X	L	H	H	L	H	X	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	
7	H	X	L	H	H	H	H	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	
8	H	X	H	L	L	L	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	
9	H	X	H	L	L	H	H	ON	ON	ON	X	OFF	ON	ON	
10	H	X	H	L	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	ON	
11	H	X	H	L	H	H	H	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	
12	H	X	H	H	L	L	H	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	
13	H	X	H	H	L	H	H	ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	
14	H	X	H	H	H	L	H	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	
15	H	X	H	H	H	H	H	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
BI	X	X	X	X	X	X	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
RBI	H	L	L	L	L	L	L	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
LT	L	X	X	X	X	X	H	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	

Sumber : S. Wasito. 1994 : 189

### 2.6 IC 74138 (Penyandi 3 ke 8)

Rangkaian penyandi menggunakan rangkaian terintegrasi TTL type 74LS138, yang merupakan penyandi alamat dengan 3 buah masukan dan 8 keluaran aktif rendah yang tersusun dalam satu buah IC. Dekoder ini mempunyai

3 masukan yakni A, B dan C serta mempunyai 3 masukan *enable* yaitu E1, E2 dan E3 yang berfungsi untuk memungkinkan data – data masukan mengaktifkan salah satu *line* keluaran.



Gambar 2.10 Konfigurasi Pin 74LS138  
Sumber : S. Wasito. 1994 : 204

IC 74LS138 terdiri dari 3 masukan yakni A, B dan C serta memiliki 7 keluaran dengan konfigurasi keluaran ditunjukkan oleh tabel kebenaran dibawah ini:

Tabel 2.6 Tabel Kebenaran IC 74LS138

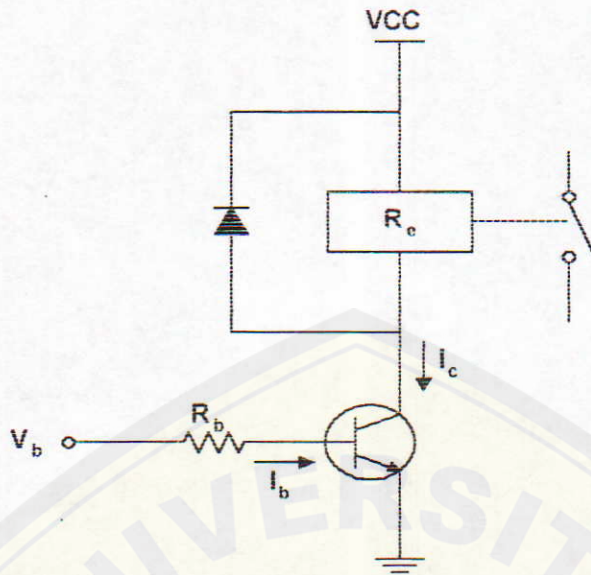
INPUT					OUTPUT							
ENABLE		SELECT										
G1	G2	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Sumber : S. Wasito, 1994 : 204

## 2.7 Rangkaian Driver

*Driver* adalah suatu rangkaian yang berfungsi sebagai penguat sinyal dengan komponen utama transistor. *Driver* dimaksudkan untuk menguatkan arus keluaran dari gerbang-gerbang yang relatif rendah. Sedangkan beban dari *driver* adalah relay, untuk itu terlebih dahulu mengetahui besar tegangan dan arus yang mengalir pada relay.





Gambar 2.11 Rangkaian Driver  
Sumber :Malvino, 1996 : 130

Untuk menentukan nilai  $R_b$ , transistor dikondisikan pada keadaan saturasi. Dengan  $V_{BE} = 0,7$  Volt, maka  $I_b$  minimum yang dapat diperlukan agar transistor dalam keadaan saturasi adalah :

$$I_b = \frac{I_c \text{ maks}}{hfe} \tag{2.11}$$

$$R_b = \frac{V_b - V_{BE}}{I_b} \tag{2.12}$$

Keterangan :

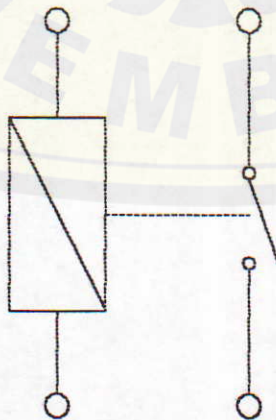
- $I_b$  = Arus basis (Ampere)
- $I_c \text{ maks}$  = Arus kolektor ( Ampere)
- $V_b$  = Tegangan pada basis (Volt)
- $R_b$  = Resistansi pada basis (Ohm)

$V_{BE}$  = 0,7 Volt

$h_{fe}$  = Penguatan

## 2.8 Relay

Relay adalah komponen yang difungsikan sebagai alat untuk membuka dan menutup kontak secara elektrik dengan tujuan untuk menghubungkan antara satu rangkaian ke rangkaian yang lainnya dengan sistem interkoneksi. Konfigurasi internal relay meliputi impedansi rendah, dimana nilai impedansinya rendah dengan kumparan berkisar antara beberapa puluh sampai beberapa ratus Ohm, sedangkan sumber sinyal penggerak masukan umumnya memiliki impedansi yang jauh lebih tinggi. Kontak dalam relay ada dua macam, yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Closed* (NC). NO adalah kontak relay yang memiliki hubungan terbuka pada saat belum ada arus yang melalui kumparan dan tertutup pada saat ada arus. Sedangkan kontak NC adalah kontak relay terbuka pada saat ada arus dan tertutup pada saat tidak ada arus yang melalui kumparan.



Gambar 2.12 Simbol relay  
Sumber : Malvino, 1996 : 134

Cara kerja sebagai berikut :

Dimisalkan terdapat masukan arus maka pada kumparan maka pada kumparan akan terdapat induksi magnetik yang nantinya akan menarik kontak untuk merubah posisi awal menjadi terhubung ke bagian yang lainnya. Kemudian setelah arus berhenti, maka di kumparan tidak ada induksi sehingga kontak akan kembali ke posisi semula.

## 2.9 Motor DC

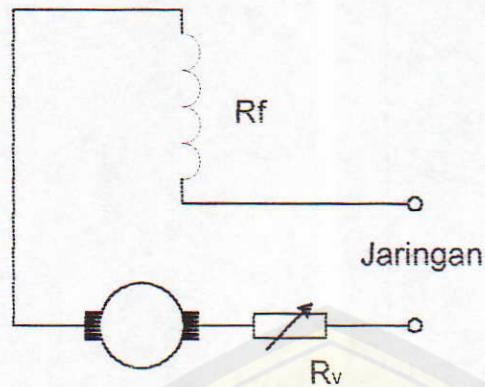


Gambar 2.13 Motor DC  
Sumber: [www.links.com](http://www.links.com)

Motor DC terdapat dua jenis bila dilihat dari proses eksitasinya yakni motor DC dengan eksitasi terpisah dan motor dc dengan eksitasi sendiri. Motor eksitasi terpisah diartikan motor DC yang sumber supply antara kumparan medan dan kumpara jangkar berbeda, sehingga masing-masing kumparan tidak saling berhubungan. Lain halnya jika motor dihubung dengan model eksitasi sendiri, dimana kumparan medan dan jangkar akan mendapat satu sumber supply.

Dalam motor dc terdapat dua buah bagian, bagian yang berputar secara terus-menerus yakni rotor dan juga bagian yang diam yakni stator.

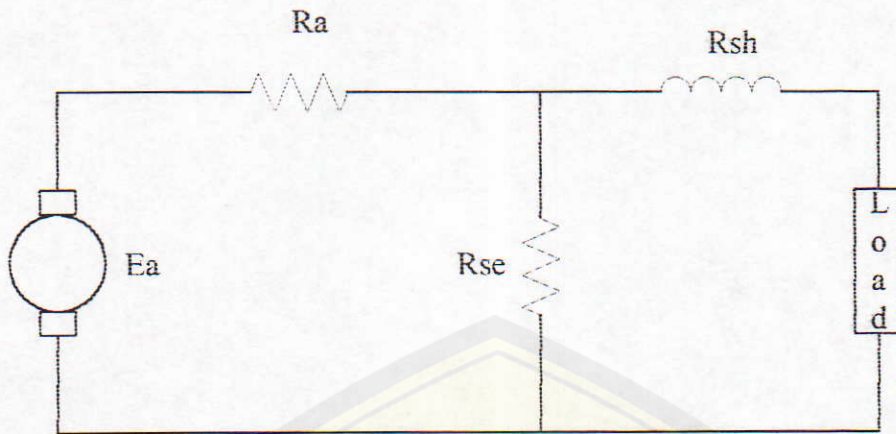
Pada gambar 2.14 diperlihatkan gambar rangkaian pengganti motor dc seri dengan eksitasi sendiri.



Gambar 2.14 Rangkaian Pengganti motor DC seri

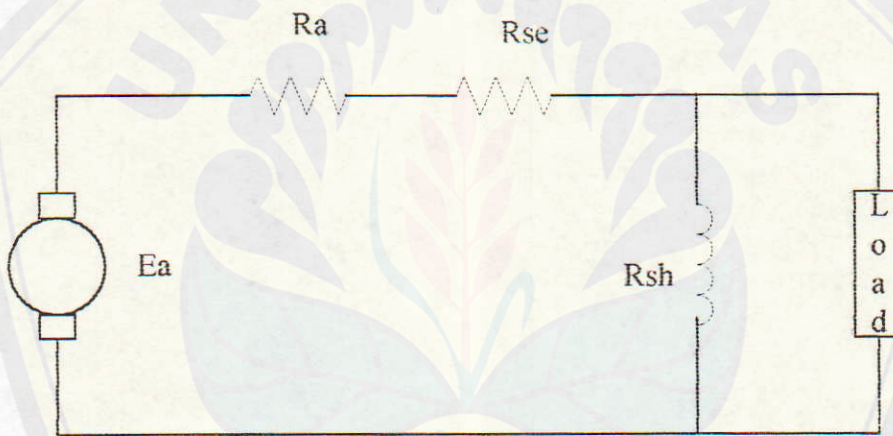
Konfigurasi motor DC terdapat tiga macam menurut hubungan antara kumpara medan dan kumparan jangkar.

1. Motor DC seri adalah motor DC yang memiliki hubungan antara kumparan medan dan kumparan jangkar diseri dengan kumparan seri, jadi kumparan medan dan kumparan jangkar mendapat arus yang sama.
2. Motor DC shunt adalah motor DC yang memiliki konfigurasi hubungan antara kumparan jangkar dan kumparan medan diparalel dengan kumparan seri .
3. Motor DC kompon pendek adalah motor DC yang memiliki hubungan kumparan paralel yakni seri, jangkar dan medan diparalel .
4. Motor DC kompon panjang adalah motor DC yang memiliki konfigurasi kumparan jangkar diseri dengan kumparan seri dan diparalel dengan kumparan medan.



Gambar 2.15a Rangkaian Pengganti Motor DC

Kompon Pendek



Gambar 2.15b Rangkaian Pengganti Motor DC

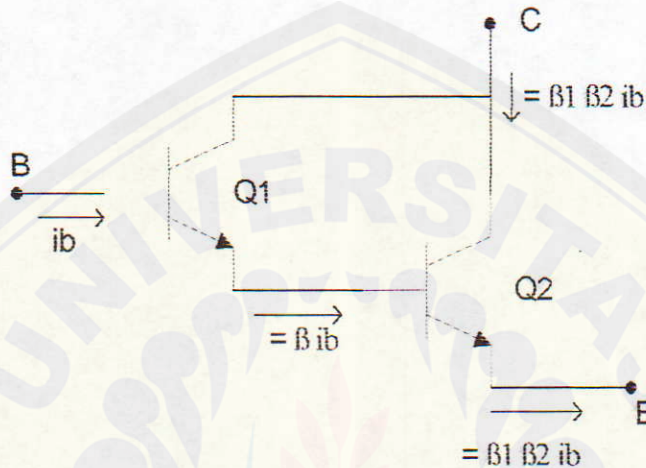
Kompon Panjang

## 2.10 Pasangan Darlington

Makin tinggi  $\beta$ , maka makin tinggi nilai dari impedansi input dari basis. Banyak transistor yang mempunyai  $\beta$  sampai 300. dengan pasangan darlington maka akan didapatkan nilai  $\beta$  yang jauh lebih besar

Gambar dibawah menunjukkan pasangan darlington. Kolektor-kolektor dihubungkan dan emiter dari dari transistor pertama menggerakkan basis dari transistor yang kedua, dan didapatkan nilai  $\beta$  keseluruhan adalah

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (2.13)$$



Gambar 2.16 Pasangan Darlington  
(Sumber: Jacob Millman 1992; 67)

Dengan nilai  $\beta$  yang tinggi dari pengikut emiter Darlington maka dapat menimbulkan  $Z_{in (basis)}$  yang sangat besar

$$Z_{in (basis)} = \beta (R_E + R'_e) \parallel R'_c$$

$R'_c$  disini menyatakan batas atas pada impedansi input dari pengikut emiter Darlington.

### 2.11 Elemen Pemanas (Heater)

Bahan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan element pemanas listrik, terdiri dari campuran :

1. Kron – Nikel
2. Kron – Nikel – Besi

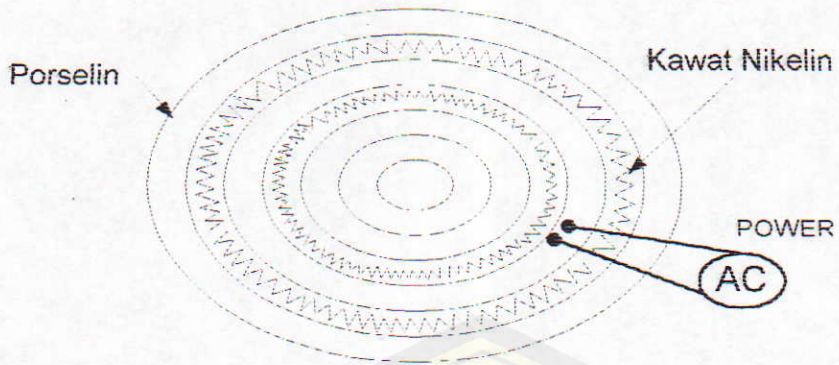
### 3. Kron – Besi – Aluminium

Kawat untuk element pemanas listrik harus memenuhi syarat sebagai berikut:

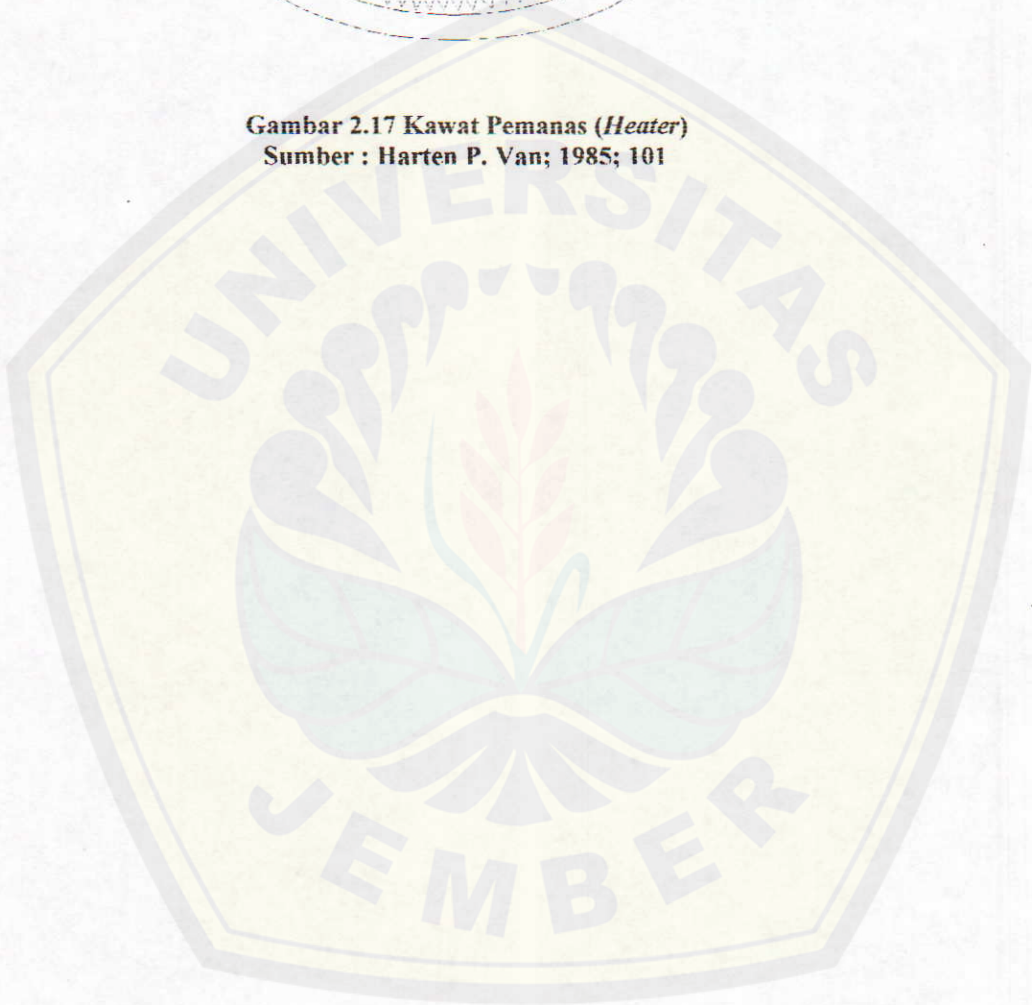
1. Harus tahan lama pada suhu yang dikehendaki.
2. Mekanis harus cukup kuat pada suhu yang dikehendaki.
3. Koefisien muainya harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.
4. Tahanan jenisnya harus tinggi.
5. Koefisien suhunya harus kecil, sehingga arus kerjanya sedapat mungkin konstan.

Bahan yang digunakan sebagian besar ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki. Logam-logam campuran tersebut di atas dapat digunakan sampai  $1000^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$ .

Sebagai penyangga panas maka diperlukan isolasi, untuk bahan isolasi kawat pemanas (*heater*) tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan bahan kawatnya pada suhu penggunaan. Syarat ini terutama penting untuk bahan-bahan isolasi keramik. Bahan isolasi keramik yang digunakan antara lain adalah porselin.



Gambar 2.17 Kawat Pemanas (*Heater*)  
Sumber : Harten P. Van; 1985; 101





**BAB III**  
**METODOLOGI**



FAKULTAS IFT Perpusatakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

### **3.1 Metode Kegiatan**

Pelaksanaan pembuatan proyek akhir dengan judul “Rancang Bangun Miniatur Sistem Pengeriing *Marking* dan Pengeras Silikon” ini dilakukan di laboratorium otomatisasi PS Teknik – Universitas Jember. Dalam pembuatan proyek akhir ini penulis menggunakan beberapa metode, adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### **3.1.1 Studi Literatur**

Metode studi literatur dimaksudkan untuk mencari literature buku, untuk kemudian digunakan sebagai bahan acuan dalam pembuatan dan pengerjaan proyek akhir ini. Dengan literatur penulis mencoba memperoleh gambaran sebagai bahan bahasan yang berhubungan dengan alat yang dibuat dalam proyek akhir ini yang meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. literatur untuk perangkat keras dapat mencakup bahasan mengenai komponen elektronika yang digunakan dalam penyelesaian proyek akhir ini. Sedangkan untuk perangkat lunak pembahasan dikhususkan untuk pembahasan mengenai bahasa mesin Assembler.

#### **3.1.2 Metode Pengerjaan Alat**

Dalam metode pelaksanaan pengerjaan alat dibagi atas dua metode besar yang meliputi pengerjaan alat pada bagian perangkat keras dan bagian perangkat lunak yang dilaksanakan secara bertahap. Tahapan pertama penulis memfokuskan

pada pembuatan perangkat keras, dimana pembuatannya diawali dengan membuat desain secara per blok kemudian dijadikan menjadi satu rangkaian. Tahap berikutnya adalah pembuatan perangkat lunak dengan menggunakan bahasa Assembler.

### 3.1.3 Metode Kalibrasi

Metode kalibrasi dilaksanakan dalam tahapan rangkaian per blok dengan maksud agar alat yang dibuat sesuai dengan standar dan perhitungan. Kalibrasi dilaksanakan dengan menyesuaikan alat yang dibuat dengan alat yang sudah distandarisasi. Sebagai ilustrasi contoh penulis menstandarkan besar suhu yang keluaran sensor suhu dengan alat pengukur suhu *thermometer*.

### 3.1.4 Metode Pengujian Alat

Metode Pengujian yang dilakukan penulis meliputi pengujian rangkaian per blok, kemudian dilakukan rangkaian keseluruhan dan untuk selanjutnya pengujian kombinasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Kemudian hasil dari pengujian ini dijadikan bahan acuan dan bahasan seberapa maksimal alat yang dibuat dapat bekerja.

### 3.1.5 Metode Analisa Data

Metode Analisa Data dilaksanakan setelah alat yang dibuat telah diuji. Adapun bahan yang akan dianalisa meliputi hasil dari uji alat yang telah dilakukan

sebelumnya. Dalam analisa data digunakan beberapa literatur buku yang dapat dijadikan dasar dalam pembahasan.

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini adalah sebagai berikut:

- Komputer
- Voltmeter
- Tachometer
- Multimeter
- Catu Daya
- Thermometer
- Dan lain sebagainya

### 3.2.2 Bahan

- Mikrokontroler AT89C51
- ADC 0809
- Op-Amp LM 324
- TIP 120
- Transistor
- Heater
- Motor DC

- Sensor Kapasitor
- Suhu LM 335
- LED
- Resistor
- Kabel
- Dan lain-lain

### 3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat

Perancangan alat yang dilaksanakan secara umum dibagi menjadi dua bagian yakni perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*).

#### 3.3.1 Perancangan Program pada MCU AT89C51

Perancangan pembuatan program pada MCU menggunakan bahasa *Assembler* yang dilakukan secara berkala. Perancangan diawali dengan pembuatan program untuk *inisialisasi port*. Kemudian pembuatan program dilanjutkan dengan pembuatan program untuk menerima data dari penekanan tombol *push on* sebagai permulaan jalannya program. Tahap selanjutnya adalah membuat program menerima data dari ADC dan memasukkan data ke mikrokontroler untuk kemudian ditampilkan ke display *7 segment*. Pembuatan program selanjutnya adalah program untuk membuat lebar pulsa sebagai pengendali kecepatan motor. Tahap terakhir adalah menyatukan semua program sehingga program ini dapat mengendalikan *heater* dan motor DC.

### 3.3.2 Pengisian Program Assembler pada MCU AT89C51

Pengisian program *Assembler* pada MCU dilakukan dengan menggunakan suatu alat pengisi program (*HALINE*), dimana alat tersebut terhubung dengan komputer secara paralel sehingga mampu untuk memindahkan data dari komputer ke dalam mikrokontroler ATMEL AT89C51.

### 3.3.3 Perancangan Rangkaian dan Pembuatan PCB

Merangkai pada *project board* adalah proses awal sebelum melakukan pembuatan PCB. Setelah percobaan alat pada *project board*, kemudian dilanjutkan dengan merangkai alat pada PCB matriks sesuai dengan rancangan yang dibuat.

## 3.4 Pengujian Alat

Setelah proses perancangan dan pembuatan *software* dan *hardware* pada papan PCB selesai dikerjakan maka proses selanjutnya adalah uji coba program pada alat sebenarnya. Pengujian dilakukan secara bertahap.

Tahap 1 : Menguji rangkaian sensor suhu.

Tahap 2 : Menguji rangkaian ADC 0809.

Tahap 3 : Menguji rangkaian *display 7 segmen.t*

Tahap 4 : Menguji rangkaian pembangkit PWM sebagai *driver* motor DC.

Tahap 5 : Menguji rangkaian pemacu *heater*.

Tahap 6: Menguji rangkaian sistem dengan memadukan antara *software* dan *hardware* secara keseluruhan dengan memasukan program yang dibuat dengan pertimbangan apakah program dapat , menerima data dari ADC, mengaktifkan display 7 segment , membuat lebar pulsa sebagai

masuk ke motor dan melaksanakan perintah menghidupkan dan mematikan *heater*

Tahap 7 : Menguji sistem pengering secara keseluruhan.

### 3.5 Spesifikasi Alat

Spesifikasi perancangan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

1. Subyek yang akan dikeringkan adalah hasil *marking* dengan media *marking* adalah plastik dengan panjang *marking*  $\pm 5$  cm dan lebarnya adalah  $\pm 2$  cm . Subyek kedua adalah hasil *marking* dengan media *marking* adalah plastik dengan panjang *marking*  $\pm 5$  cm dan lebarnya  $\pm 4$  cm. Subyek ketiga adalah *silicon* yang berfungsi sebagai lem perekat.
2. Suhu operasi sebagai pilihan pertama adalah antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $54^{\circ}\text{C}$ .
3. Suhu operasi sebagai pilihan kedua adalah antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $65^{\circ}\text{C}$
4. Suhu operasi sebagai pilihan ketiga adalah antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $75^{\circ}\text{C}$
5. Kecepatan operasi sebagai pilihan pertama adalah 31,5 Hz
6. Kecepatan operasi sebagai pilihan Kedua adalah 35,9 Hz
7. Kecepatan operasi sebagai pilihan ketiga adalah 41,5 Hz
8. Kotak pengering ini berdimensi 30 cm x 40 cm x 65 cm.
9. Kotak pengering ini terbuat dari plat seng dengan tebal  $\pm 0.5$  mm.
10. Di dalam kotak pengering terdapat *gaswool* yang difungsikan sebagai peredam panas.
11. Panjang konveyor yang digunakan adalah  $\pm 1$  meter.

12. Bahan yang digunakan sebagai konveryor adalah kain yang dibuat dari *cotton*.
13. Tegangan input yang digunakan adalah  $5 V_{DC}$  dan  $12 V_{DC}$ .
14. Sistem kontrol mutlak memakai mikrokontroler AT89C51.
15. Pemanas yang digunakan adalah kawat nikelin yang bertegangan  $220 V_{AC}$  dan memiliki daya sebesar 350 watt sebanyak 2 buah.
16. Motor DC yang digunakan adalah motor DC *gearbox* dengan tegangan input adalah  $12 V_{DC}$ .
17. Pilihan suhu pertama digunakan untuk mengeringkan hasil *marking* bentuk persegi dengan panjang 5 cm dan lebar 2 cm.
18. Pilihan suhu kedua digunakan untuk mengeringkan hasil *marking* bentuk persegi dengan panjang 5 cm dan lebar 4 cm.
19. Pilihan suhu ketiga digunakan untuk mengeraskan silikon dalam bentuk melingkar pada kepala lampu dengan diameter kepala lampu 2,75 cm.

### 3.6 Perhitungan Suhu dan Kecepatan

1. Panjang, lebar dan tinggi alat pengering yang sebenarnya adalah 270 cm x 45 cm x 51 cm. Maka volumenya adalah  $619650 \text{ cm}^3$  dengan panas ruangan  $450 ^\circ\text{C}$ .
2. Panjang, lebar dan tinggi miniatur alat adalah 65 cm x 30 cm x 40 cm. Maka volumenya adalah 78000 dengan perhitungan panas sebagai berikut:  
 $T \text{ sebenarnya} \times \text{Volume miniatur} = T \text{ dimaksud} \times \text{Volume alat}$   
Maka didapatkan  $T \text{ dimaksud} = 54 ^\circ\text{C}$ .

3. Untuk mencari kecepatan digunakan perbandingan T dimaksud kedua.

$$T_2 \times V_1 = T_1 \times V_2$$

Digunakan patokan suhu yang kedua adalah  $65^{\circ}\text{C}$  dengan pertimbangan suhu sebagai sasaran utama.

4. Demikian juga untuk mencari kecepatan yang ketiga digunakan persamaan diatas (pada poin 3).

### 3.7 Tinta Marking dan Silikon

Tinta yang digunakan sebagai sampel percobaan adalah jenis tinta yang digunakan sebagai tinta *printer*. Tinta ini digunakan karena pertimbangan tidak mudah hilang atau dihapus. Jenis tinta yang digunakan berwarna hitam.

Untuk jenis silikon yang digunakan sebagai sampel adalah jenis silikat. Senyawa ini terdiri dari kumpulan silicon-oksigen. Silikat ini dapat dianggap sebagai turunan dari  $\text{SiO}_2$  dengan atom-atom silicon dan oksigen yang saling terkait. Silikat ini biasanya digunakan sebagai bahan utama dari semen, dimana reaksi pembentukan semen ini berlangsung pada suhu rendah. (Keenam, Kleinfelter and Wood, 1992; 342)



**BAB IV**  
**HASIL DAN PENGUJIAN**



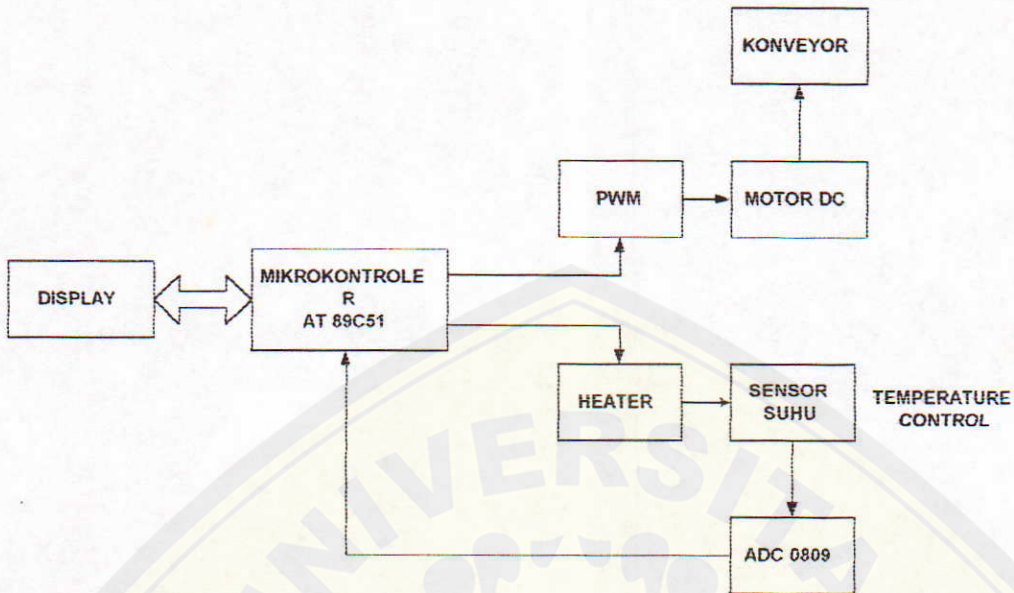
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER

#### 4.1 Tinjauan Umum

Dalam pembuatan alat proyek akhir ini sebelumnya dilakukan proses perencanaan. Perencanaan yang dilakukan terdiri atas dua perencanaan yakni perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak. Perangkat keras yang direncanakan meliputi perencanaan rangkaian mikrokontroler AT89C51, rangkaian sensor suhu, rangkaian ADC 0809, , rangkaian display, rangkaian driver pemanas, rangkaian driver motor dan miniature oven pemanas. Perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan *software* dalam bahasa *assembler* yang mengacu pada diagram alir.

#### 4.2 Blok Diagram

Mikrokontroler sebagai media untuk mengolah dan memproses kerja dari alat pengering dengan maksud untuk dapat mengontrol suhu. Selain itu mikrokontroler dapat difungsikan sebagai pembentuk PWM sehingga kecepatan putaran motor DC dapat diubah . Sedangkan untuk rangkaian pengatur panas heater, digunakan bantuan ADC untuk mengubah data analog menjadi digital. ADC menerima masukan dari rangkaian pengatur panas heater dan keluaran dari ADC ini akan menjadi umpan balik dari panas heater ke mikrokontroler. Heater akan memberikan panas dengan suhu tertentu sehingga memberikan pemanasan yang merata pada seluruh sudut ruangan yang dijadikan tempat untuk mengeringkan marking dan pengerasan silikon



Gambar 4.1 Blok Diagram Alat Pengering Marking dan Pengeras Silikon

#### 4.2.1 Rangkaian Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler berfungsi untuk melakukan pengontrolan, yang meliputi pengontrolan suhu dengan membandingkan antara referensi dengan keluaran sensor suhu untuk kemudian mengatur pemanas heater, pengontrolan pada rangkaian driver motor sehingga dapat mengontrol kecepatan motor dan memberikan keluaran pada rangkaian *display*.

#### 4.2.2 Rangkaian ADC 0809

Rangkaian ADC 0809 berfungsi untuk mengkonversikan besaran analog dari rangkaian sensor suhu kedalam besaran digital dalam bentuk bilangan biner untuk selanjutnya diproses oleh mikrokontroler

### 4.2.3 Rangkaian Sensor Suhu

Rangkaian sensor suhu berfungsi mengubah besaran suhu dalam ruangan pemanas menjadi besaran tegangan, untuk kemudian tegangan ini kedalam rangkaian penguat sebagai masukan untuk ADC. Rangkaian ini terdiri dari sensor suhu berupa IC LM335, pengikut tegangan dan penguat operasional.

### 4.2.4 Rangkaian Pemicu Heater

Rangkaian *driver* heater berfungsi untuk mengatur suhu ruangan agar stabil dan tidak melebihi suhu yang tetal ditetapkan, hal ini dilakukan dengan cara mengatur waktu ON dan waktu OFF pemanas. Rangkaian *driver* ini menggunakan optocoupler, transistor dan relay. Pengaturan waktu ON dan OFF dikontrol dari mikrokontroler.

### 4.2.5 Rangkaian Driver Motor (PWM)

Rangkaian driver motor dimaksudkan berfungsi untuk menghasilkan lebar pulsa sehingga dapat mengatur kecepatan motor. PWM dapat dihasilkan dengan cara mengatur tegangan dari driver sehingga dapat dihasilkan gelombang kotak. Adapun komponen utama yang digunakan dalam rangkaian driver motor ini adalah transistor yang memiliki hubungan darlington.

### 4.2.6 Rangkaian Penampil

Rangkaian penampil berfungsi untuk menampilkan besaran suhu yang dalam satuan derajat Celcius. Media penampil yang digunakan berupa display

sevent segment dengan kombinasi dekoder dan BCD 8 to 3.. penampil ini disesuaikan dengan besar suhu yang dikeluarkan sensor suhu kemudian diproses dimikrokontroler dan ditampilkan di-*display*.

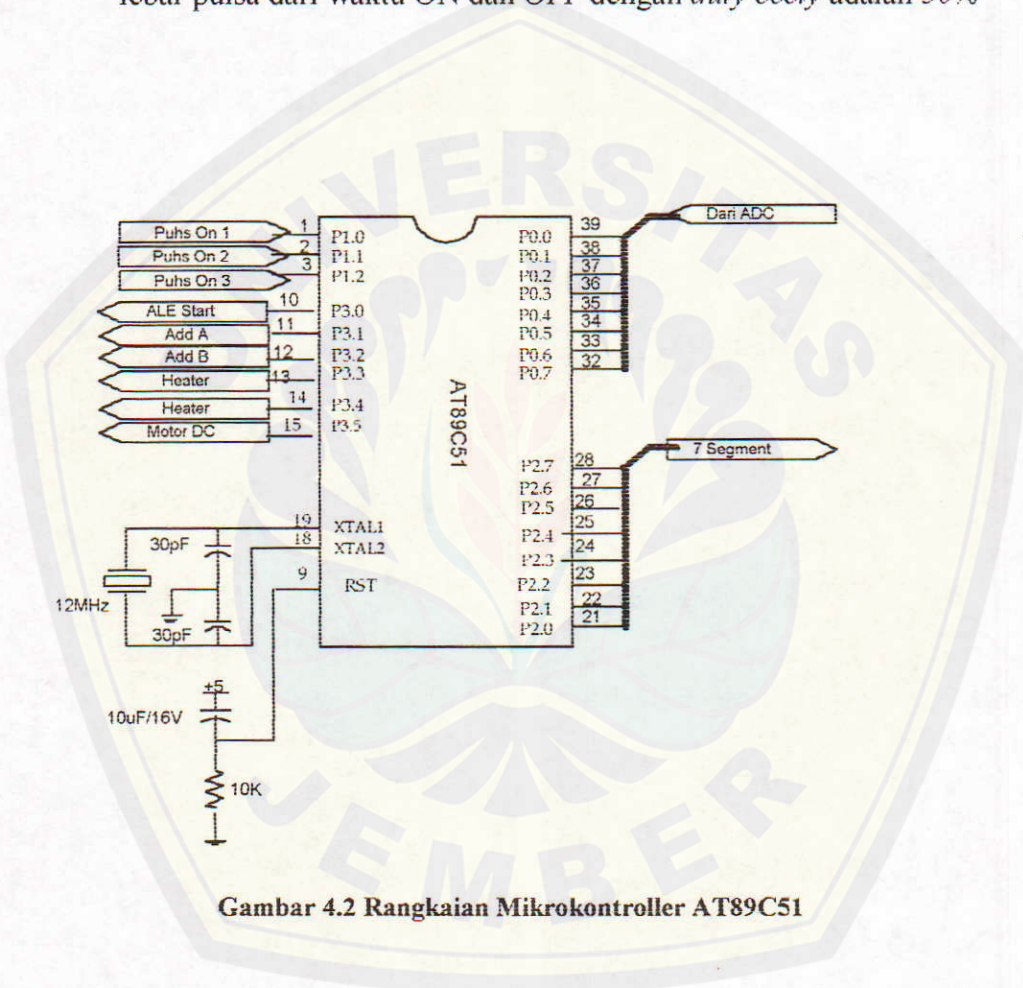
### 4.3 Perencanaan dan Pembuatan Hardware

#### 4.3.1 Hardware AT89C51

Pembagian port pada mikrokontroler adalah sebagai berikut.

1. Port 0 difungsikan sebagai input untuk membaca data hasil konversi dari ADC.
2. Mengontrol input START dan ALE ADC 0809 digunakan port 3.0.
3. Untuk menyeleksi kanal input ADC 0809 digunakan port 3.1 dan port 3.2. Output Enable – nya langsung diberi logika *high*, dengan demikian akan selalu dihasilkan output pada data bus ADC dan tidak ada kondisi *high impedansi*.
4. Port 2 difungsikan sebagai keluaran yakni untuk pengaturan *display* yang nantinya beroperasi dengan metode pengambilan data secara berurut. Data yang dikeluarkan oleh port 2 ini akan dihubungkan IC dekoder melalui IC 74LS47 dan digunakan untuk mengkodekan kemudian men – *drive 7 segment*.
5. Port 1.0 - port 1.2 digunakan sebagai masukan dari *push-on*, yang nantinya *push-on* ini digunakan untuk menentukan besar suhu dan kecepatan yang akan dipakai. *Push-on* akan beroperasi dengan metode perbandingan.

6. Port 3.3 dan port 3.4 digunakan sebagai keluaran untuk rangkaian driver penggerak *heater*.
7. Port 3.5 difungsikan sebagai keluaran untuk rangkaian *driver* motor. Adapun metode operasi yang digunakan adalah pengaturan lebar pulsa dari waktu ON dan OFF dengan *duty cycle* adalah 50%



Gambar 4.2 Rangkaian Mikrokontroller AT89C51

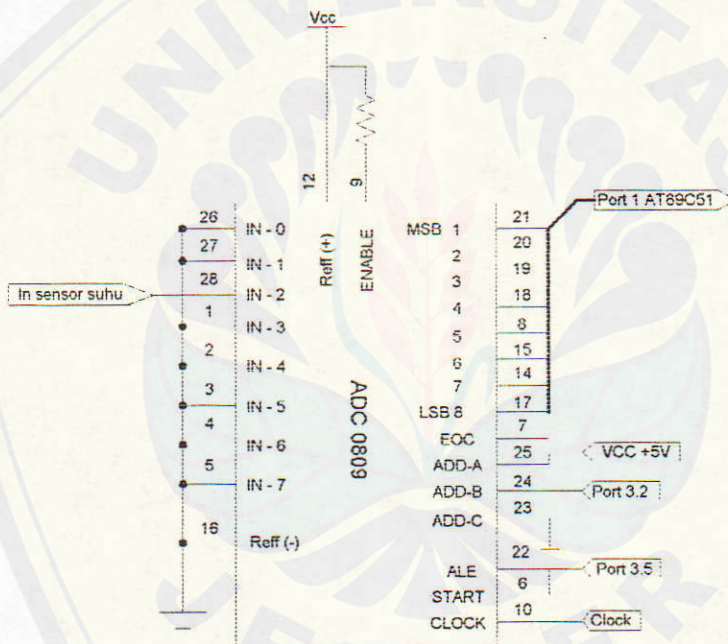
#### 4.3.2 Rangkaian ADC 0809

ADC 0809 merupakan pengubah tegangan analog ke bentuk biner dengan resolusi 8 bit. ADC ini dilengkapi dengan multiplexer sinyal analog 8 saluran.

ADC ini memiliki logika kerja yang hampir sama dengan mikrokontroler.

ADC akan mengubah masukan sinyal analog menjadi data biner 8 bit yang

kemudian data biner yang telah dikonversikan akan di tahan di dalam suatu register ADC. Register ADC berhubungan dengan jalur keluaran D0 sampai D7 melalui 8 buah penyangga dengan 3 kondisi.. Data digital 8 bit ADC ini mempunyai level logika TTL (semikonduktor, 1992) sehingga dapat dihubungkan langsung dengan mikrokontroler AT89C51 yang juga memiliki level logika TTL (MCS – 51 *Data Manual*, 1997). Keluaran D0 sampai D7 ADC 0809 dapat dihubungkan langsung dengan port I/ O paralel mikrokontroler AT89C51.



Gambar 4.3 Rangkaian ADC 0809

Pin-pin kaki ADC 0809 ada 20 buah, adapun Jalur pada pin Vcc ADC 0809 dihubungkan dengan catu daya + 5V dan pin ground ADC 0809 dihubungkan langsung ke ground.

Dengan mengacu pada tinjauan pustaka maka pin  $V_{Ref (+)}$  dan  $V_{Ref (-)}$  merupakan batas maksimum dan minimum sinyal tegangan analog yang dapat

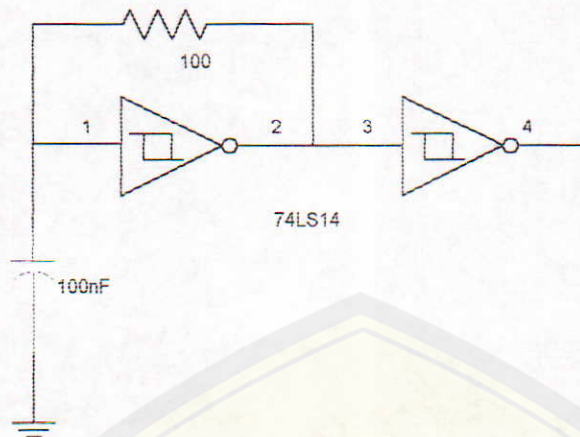
dihubungkan dengan masukan analog ADC. Tegangan referensi minimum ditunjukkan dengan pin  $V_{Ref(-)}$ , dengan maksud bila masukan analog sebesar  $V_{Ref(-)}$  maka akan dikonversikan ke dalam data biner yang paling kecil yakni 0000 0000. Untuk itu  $V_{Ref(-)}$  ini dihubungkan langsung ke ground, mengingat hasil konversi sensor dan keluaran rangkaian penguat sebesar 0 V untuk pengukuran temperatur 30 °C. Sedangkan  $V_{Ref(+)}$  menunjukkan tegangan referensi maksimum yang masukan – masukan analog yang bertegangan sebesar  $V_{Ref(+)}$  akan diubah ke dalam data biner 1111 1111. Pada perencanaan rangkaian ADC ini pin  $V_{Ref(+)}$  di hubungkan ke catu daya + 5V. Dengan tegangan referensi sebesar 5 V, maka besar tegangan resolusi untuk 1 LSB adalah :

$$V_{res} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} \quad (4.1)$$

$$V_{res} = \frac{5V}{2^n - 1}$$

$$= 0,019607 \text{ V} = 19,6 \text{ mV}$$

ADC 0809 mengubah sinyal masukan analog menggunakan metode pendekatan secara beruntun. Dalam menjalankan proses konversi dengan metode pendekatan beruntun diperlukan sebuah masukan clock. Masukan clock diambil dari rangkaian pembangkit clock yang terdiri dari resistor, kapasitor, dan inverter seperti dalam gambar 4.6



Gambar 4.4 Rangkaian Pembangkit Clock  
 Sumber : Albert P. Malvino & Tjian May On, 1997 : 350.

Frekuensi yang dihasilkan rangkaian ini adalah sesuai dengan persamaan

2.1. Dengan masukan nilai R dan C pada rangkaian didapatkan frekuensi clock sebesar 58 KHz.

Dalam ADC terdapat jalur pengalamatan saluran masukan analog yakni Add A, Add B, dan Add C. Karena masukan analog yang digunakan adalah IN 3 maka susunan Add A dihubungkan dengan langsung dengan port 3.0, Add B juga langsung dihubungkan dengan port 3.1 pada mikrokontroler sedangkan Add C langsung dihubungkan ke *ground*. Penyesuaian alamat ini dapat ditentukan dengan tabel pengalamatan ADC 0809 (tabel 4.1). Alamat yang diberikan pada jalur alamat Add A, Add B, dan Add C akan ditahan dan jika jalur ALE dan *START* ADC 0809 memperoleh logika tinggi pengkonversian akan dimulai. Jalur ALE dan *START* dihubungkan dengan pin port 3.2 pada mikrokontroler.

Waktu konversi adalah waktu yang digunakan untuk pengubahan satu perubahan. Waktu untuk pengubahan satu cuplikan ADC dengan metode



pendekatan secara beruntun adalah sama ditentukan jumlah bit keluarannya. Adapun Waktu konversi ADC dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Waktu konversi} = n \text{ bit} \times \text{periode detak} = 8 \times 1 / f_{\text{clk}} \text{ detik} \quad (4.2)$$

$$\text{Waktu konversi} = 8 \times \frac{1}{58 \text{kHz}} = 1,3605 \times 10^{-3} \text{ detik} = 1,3605 \text{ ms}$$

### 4.3.3 Rangkaian Sensor Suhu

Suhu yang nantinya ditampilkan harus disesuaikan dengan suhu yang telah diukur dengan alat pengukur suhu. Untuk mengkonversikan besaran suhu kedalam bentuk tegangan digunakan sensor suhu. Dengan alasan mampu bekerja pada kisaran suhu antara  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai  $100^{\circ}\text{C}$ , maka sensor suhu yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah IC LM335.

Dengan resolusi ADC 8 bit adalah 19,6 mV, maka keluaran sensor suhu ini harus dikuatkan terlebih, hal ini diakibatkan suhu yang diukur setiap derajatnya mengalami kenaikan tegangan 10 mV LM335. Maka dari itu untuk dapat diproses dengan baik oleh ADC, suhu yang diukur LM335 harus dikuatkan terlebih dahulu.

Rangkaian penguat differensial digunakan untuk menguatkan tegangan yang dikeluarkan sensor suhu, dengan cara menguatkan selisih antara masukan tegangan hasil pembacaan sensor suhu LM335 dan masukan tegangan *offset*. Sehingga sinyal yang didapatkan dapat dikondisikan dengan baik oleh ADC.

Rangkaian sensor suhu ini nantinya dimaksudkan agar mampu mengukur temperatur suhu antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Temperatur suhu yang

dikeluarkan sensor LM335 adalah dalam bentuk derajat Kelvin maka dari itu harus diubah kedalam bentuk derajat celcius. Dengan mengacu pada persamaan sensor suhu, nilai suhu ini oleh sensor suhu LM335 dirubah menjadi tegangan 3,03 volt sampai 3,53 volt dengan mengatur tegangan *offset*. Rangkaian ADC dirancang hanya memproses tegangan analog sampai 5 volt, maka penguatan yang dibutuhkan rangkaian penguat differensial adalah :

$$A_F = \frac{V_s}{V_{\min} - V_{\max}} \quad (4.3)$$

Dengan:

$V_s$  = Tegangan offset

$V_{\min}$  = Tegangan suhu minimum

$V_{\max}$  = Tegangan suhu maksimum

$$A_F = \frac{5V}{3,53 - 3,03} = 10$$

Persamaan keluaran rangkaian sensor suhu adalah :

$$V_O = A_F (V_{IN} - V_{Ref}) = 10 (V_{IN} - V_{Ref}) \quad (4.4)$$

Dengan :

$V_O$  = Keluaran rangkaian pengkondisi sinyal (V)

$A_F$  = Penguatan penguat differensial

$V_{IN}$  = Masukan rangkaian pengkondisi sinyal (V)

$V_{Ref}$  = Tegangan referensi (tegangan offset) penguat differensial sebesar 3,03 V

Penguatan sebesar 10 kali didapatkan dengan mengatur tahanan geser R3.

Tahanan geser R3 diatur sampai mendapatkan 10 kali nilai tahanan R2 atau 100

K $\Omega$ . Rangkaian pengikut tegangan digunakan sebagai penyangga (buffer). Tegangan offset didapatkan dengan cara mengatur tahanan geser R5 sampai didapatkan tegangan offset sebesar 3,03 V. tahanan R1 digunakan untuk membatasi arus yang mengalir melalui IC LM335 yaitu sebesar 400  $\mu$ A sampai 5mA. Arus yang mengalir pada sensor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{rev} = \frac{V_{cc} - V_s}{R1} \quad (4.5)$$

Dengan :

$I_{rev}$  = Arus yang mengalir melalui sensor

$V_{cc}$  = Tegangan catu sebesar + 5V

$V_s$  = Tegangan pada sensor

$R1$  = Tahanan pembatas arus sebesar 2 K $\Omega$

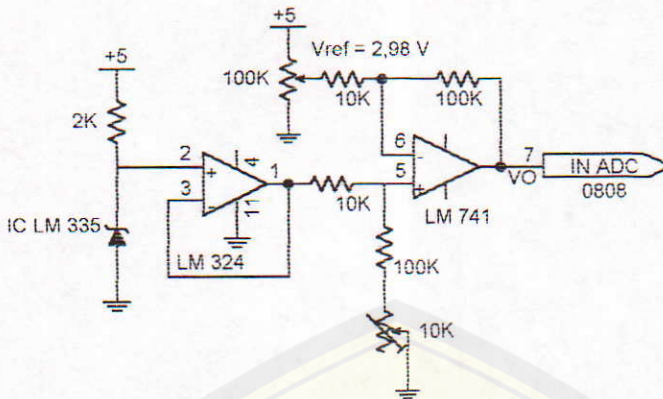
Arus yang mengalir pada suhu 30  $^{\circ}$ C (303  $^{\circ}$ K) adalah sebesar :

$$\begin{aligned} I_{rev} &= \frac{5 - 3,03}{2000} \\ &= 0,985 \text{ mA} \end{aligned}$$

Arus yang mengalir pada suhu 80  $^{\circ}$ C (333  $^{\circ}$ K) adalah sebesar :

$$\begin{aligned} I_{rev} &= \frac{5 - 3,53}{2000} \\ &= 0,735 \text{ mA} \end{aligned}$$

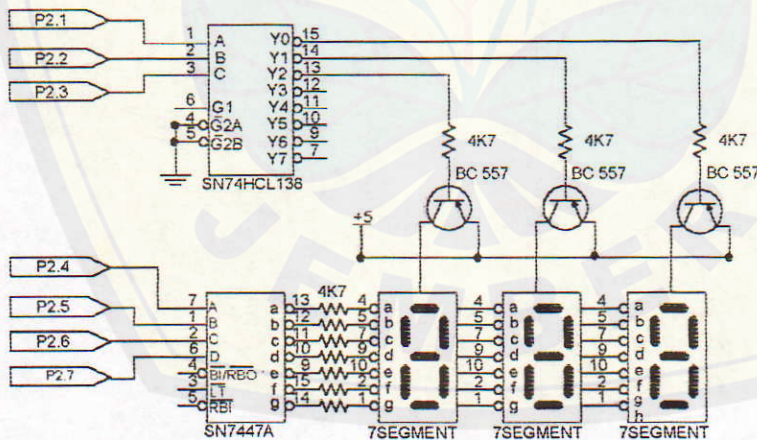
Dari analisa hasil perhitungan di atas didapatkan arus yang mengalir pada sensor masih dalam level yang diperbolehkan yaitu antara 400  $\mu$ A sampai 5 mA.



Gambar 4.6 Rangkaian Sensor Suhu

#### 4.3.4 Rangkaian Display 7 Segment

Adapun rangkaian untuk 7 segment digunakan transistor PNP jenis BC 557 yang mempunyai karakteristik arus basis rendah dengan  $R_b = 4K7 \Omega$  yang nantinya berhubungan dengan port mikrokontroler yakni port 2.



Gambar 4.7 Rangkaian Seven Segment

Nilai resistor disesuaikan dengan tegangan keluaran dari P0 (5 volt) dan  $I_{max}$  dari 7 segment. Perhitungan dari rancangan tersebut adalah sebagai berikut :

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} \quad (4.6)$$

$$= \frac{111 \text{ mA}}{125} = 0,88 \text{ mA}$$

$$V_B = V_{CC} - 0,7 \text{ V}$$

$$= 5 \text{ V} - 0,7 \text{ V}$$

$$= 4,3 \text{ V}$$

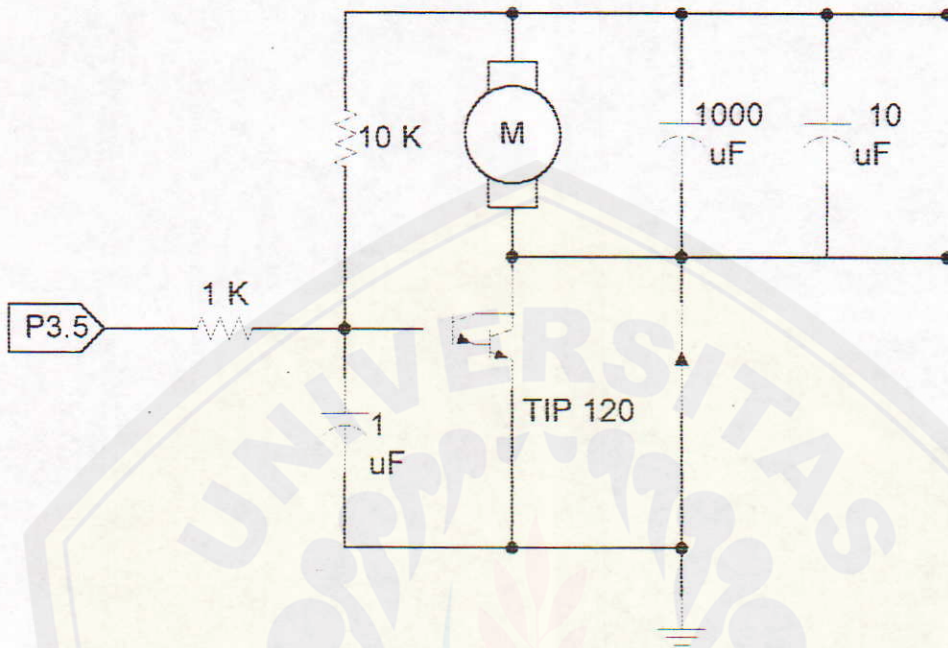
$$R_B = \frac{V_B}{I_B} \quad (4.7)$$

$$= \frac{4,3 \text{ V}}{0,88 \text{ mA}}$$

$$= 4,8 \text{ K}\Omega$$

maka dari perkiraan perhitungan maka nilai resistor yang dipakai adalah  $4\text{K}7\Omega$ , dengan pertimbangan terdapat dipasaran.

4.3.5 Rangkaian Driver Motor DC



Gambar 4.8 Rangkaian Driver Motor DC (PWM)

Dengan memperhitungkan besarnya tegangan yang akan digunakan untuk mensupply motor maka dapat diketahui besarnya arus basis yang masuk ke transistor adalah sebagai berikut:

$$R_i = \frac{V_b}{I_b} \tag{4.8}$$

Dimana  $R_i$  adalah besarnya resistansi yang mengarah ke terminal masuk Basis dan Emiter

$R_i$  dari basis pertama adalah 8K

$$R_i = \frac{V_b}{I_b}$$

$$I_b = \frac{12}{8K}$$

$$= 1,5 \text{ mA}$$

Ri dari basis kedua adalah 0,12K

$$I_{b2} = \frac{12}{0,12K}$$

$$= 100 \text{ mA}$$

maka  $I_b$  maksimum adalah  $I_{b1} + I_{b2} = 1,5 + 100 = 101,5 \text{ mA}$

dari perhitungan maka dapat disimpulkan dengan tegangan 12 V masih diperbolehkan yakni arus basis tidak melebihi 120 mA sesuai *data sheet*.

Untuk nilai  $R_1 = 10K$  dan, karena pada waktu low  $I_{OL} = 1,6 \text{ mA}$ , jadi  $R_1$  minimal untuk pembatas arus yang menuju port 3.5 adalah:

$$R_1 = \frac{V_{cc}}{I_{OL}} = \frac{12V}{1,6mA} = 7500\Omega$$

Untuk menghasilkan lebar pulsa dapat dihitung dengan persamaan 4.9

$$T_{clock} = \frac{12}{X_{tal}} \quad (4.9)$$

$$T_n = T_{clock} \cdot n \quad (4.10)$$

$$A = FFFF - n \quad (4.11)$$

Keterangan :

$$X_{tal} = 12 \text{ MHz}$$

$$T_n = \text{waktu yang dimaksud}$$

$$n = \text{besar perbandingan } T_{clock} \text{ dan } T_n$$

$$A = \text{besar heksa yang dimasukkan di timer mikrokontroler}$$

Untuk menghasilkan kecepatan 31,5 Hz dapat dihitung sebagai berikut:

$$T_n = 1/f$$

$$= 1/31,5$$

$$= 0,03174 \text{ s}$$

maka dengan persamaan 4-8  $n = 0,03174 \text{ s} / 1 \mu\text{s}$

$$= 31740 \text{ desimal}$$

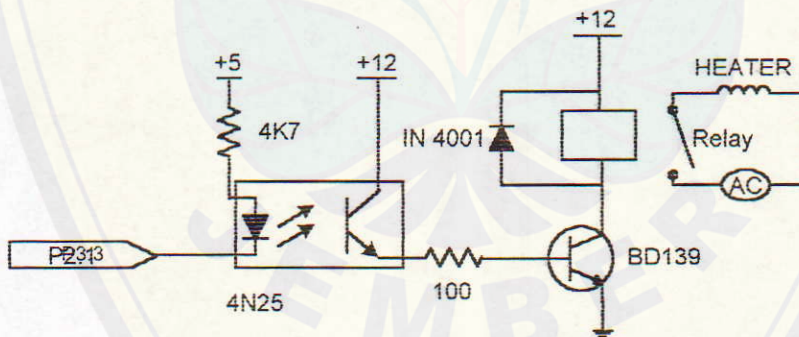
besar desimal yang dimasukkan di timer adalah

$$A = 65535 - 31740$$

$$= 33795 \text{ desimal}$$

$$= 8403 \text{ heksa}$$

#### 4.3.6 Rangkaian Driver untuk Kontrol Pemanas (Heater)



Gambar 4.9 Rangkaian Driver Heater

Rangkaian kontrol dan driver pemanas difungsikan untuk mempertahankan suhu ruangan pengering pada suhu yang telah ditentukan.



Adapun komponen yang digunakan rangkaian ini meliputi optocoupler, transistor sebagai saklar dan relay yang nantinya dihubungkan ke beban yakni pemanas. Gambar rangkaian driver heater ditunjukkan pada gambar 4.7.

Rangkaian akan tetap mempertahankan waktu ON heater bila suhu pemanas masih di bawah nilai yang telah ditentukan. Dan pemanas akan dimatikan (kontak relay NO) bila suhu telah berada atau di atas yang telah ditentukan. Perhitungan untuk mendapatkan nilai  $R_b$  sebagai keluaran dari penerima optocoupler adalah sebagai berikut :

Dari data transistor untuk BD 139 didapatkan nilai  $h_{fe} = 160$  (data dapat dilihat di lampiran)

Dan dari pengukuran didapat:

$$R_{\text{Relay}} = 160 \Omega$$

$$I_{\text{Relay}} = 75 \text{ mA}$$

$$V_{\text{Relay}} = I \times R$$

$$= 75 \text{ mA} \times 160 \Omega$$

$$= 12 \text{ V}$$

$$V_{\text{Relay}} = V_{cc} = 12 \text{ V}$$

Sehingga; 
$$I_B = \frac{I_{\text{Relay}}}{h_{fe}}$$

$$= \frac{0,075 \text{ A}}{160}$$

$$= 0,46 \text{ mA}$$

maka; 
$$R_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B}$$

$$= \frac{12V - 0,7V}{0,46mA}$$

$$= 24,5 \text{ k}\Omega \cong 33 \text{ k}\Omega$$

Untuk nilai  $R_1 = 4K7$ , karena pada waktu low  $I_{OL} = 1,6 \text{ mA}$ , jadi  $R_1$  minimal untuk pembatas arus yang menuju port 2 adalah :

$$R_1 = \frac{V_{cc}}{I_{OL}} = \frac{5V}{1,6mA} = 3125 \Omega$$

Maka nilai  $R_1$  yang diambil adalah  $4K7$ , karena untuk faktor keamanan arus yang masuk ke port 2.

#### 4.3.7 Elemen Pemanas

Elemen pemanas (*heater*) dalam alat ini digunakan untuk memanaskan ruangan dari suhu  $30^\circ\text{C}$  sampai dengan suhu batas atas yaitu  $75^\circ\text{C}$ .

Untuk menentukan besarnya daya yang diperlukan oleh pemanas maka harus diketahui dahulu rugi – rugi daya yang terjadi. Adapun rugi – rugi daya tersebut adalah sebagai berikut :

##### 4.3.7.1 Rugi Daya untuk Memanaskan Udara dalam Ruang

Satuan kalor adalah kalori, yaitu satu kalori adalah banyaknya kalor yang di perlukan untuk memanaskan satu gram air sehingga suhunya naik  $1^\circ\text{C}$  berdasarkan Azas Black, bahwa banyaknya kalor yang di terima sama dengan banyaknya kalor yang di berikan suatu benda, sebanding dengan beda suhu dan tergantung jenis bahan. (Krelin Frank, 1991 : 4)

$$Q = m \times C \times dt \quad (4.12)$$

Untuk  $C$  yang konstan :

$$Q = m \times C \times \Delta t \quad (4.13)$$

Dimana :

C = Kapasitas kalor jenis suatu benda (J/ Kg K)

Q = Jumlah panas yang di pindahkan (Joule)

m = Masa benda (Kg)

$\Delta t$  = Selisih temperatur

Satuan kalor meliputi Joule, Kalori dan BTU (*British Thermal Unit*).

Adapun hubungan dari masing – masing kalor adalah sebagai berikut : (Krelin Frank, 1991 : 21)

1 Joule = 0,24 Kalori

1 Kalori = 4,2 Joule

1 BTU = 252 Kalori

Rugi daya disini yang dimaksud adalah rugi daya untuk memanaskan udara dalam ruang pemanas sampai suhu maksimum. Dari tabel sifat udara pada tekanan atmosfer (data terlampir) didapatkan data sebagai berikut :

$\phi$  udara = 0,081 Kg/ m<sup>3</sup>

c udara = 0,240 j/ Kg<sup>0</sup>K

suhu awal = 30 <sup>0</sup>C = 303<sup>0</sup>K

suhu akhir = 60 <sup>0</sup>C = 333<sup>0</sup>K

Volume ruang = p x l x t

= 0,6 x 0,3 x 0,5

= 0,09 m<sup>3</sup>

maka energi kalor yang dibutuhkan untuk memanasi udara sampai suhu 60

$^{\circ}\text{C}$  dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

$$m = \phi \times V$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q &= \phi \times V \times c \times \Delta t \\ &= 0,081 \times 0,09 \times 0,240 \times (333 - 303) \\ &= 0,052488 \text{ j} \end{aligned}$$

maka energi kalor yang dibutuhkan untuk memanasi udara sampai suhu 70

$^{\circ}\text{C}$  dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= \phi \times V \times c \times \Delta t \\ &= 0,081 \times 0,09 \times 0,240 \times (343 - 303) \\ &= 0,06998 \text{ j} \end{aligned}$$

maka energi kalor yang dibutuhkan untuk memanasi udara sampai suhu 80

$^{\circ}\text{C}$  dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q &= \phi \times V \times c \times \Delta t \\ &= 0,081 \times 0,09 \times 0,240 \times (353 - 303) \\ &= 0,0875 \text{ j} \end{aligned}$$

#### 4.3.7.2 Rugi Daya Akibat Radiasi

Radiasi dari benda dapat di tentukan dari hukum Boltzman, di mana bagian dari radiasi benda hitam adalah seimbang dengan pangkat empat dari harga mutlak suhu benda. Persamaannya adalah :

$$Pr = 0,173 \times 10^8 \times AT \quad (4.14)$$

Dimana Pr adalah perpindahan panas radiasi dalam Btu/ h. A adalah luas daerah dan T adalah suhu mutlak. Perpindahan panas dari dua benda pada suhu yang berbeda adalah : (Krelin Frank, 1991 : 11)

$$Pr = \alpha Fe \times Fa \times A (T1^4 - T2^4) \quad (4.15)$$

Dimana :

$$\alpha = \text{Konstanta Boltzman} = 1,38 \times 10^{-23} \text{ (SI, } 5,669 \times 10^{-8} \text{)}$$

$$Fe = \text{Faktor emisivitas}$$

$$Fa = \text{Faktor geometrik}$$

$$A = \text{Luas daerah (m}^2\text{)}$$

$$T = \text{Suhu mutlak}$$

Untuk mencari rugi daya akibat radiasi dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \delta \times Fe \times Fa \times A (T1^4 - T2^4)$$

Dimana :

$$\delta = 5,669 \times 10^{-8} \text{ w/ m}^2 \times \text{K}$$

$$Fe = 0,057$$

$$Fa = 1$$

$$A = \text{Luas daerah}$$

$$= 2 (p \times l) + 2 (p \times t) + 2 (l \times t)$$

$$= 2 (0,4 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}) + 2 (0,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}) + 2 (0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m})$$

$$= (0,24 + 0,4 + 0,3)$$

$$= 0,94 \text{ m}^2$$

$$T_1 = 60^{\circ}\text{C} = 333^{\circ}\text{K}$$

$$T_2 = 25^{\circ}\text{C} = 298^{\circ}\text{K}$$

Jadi :

$$P = 5,669 \times 10^{-8} \times 0,057 \times 0,94 [(333)^4 - (298)^4]$$

$$P = 13,4 \text{ watt}$$

#### 4.3.7.3 Rugi Daya Akibat Konveksi

Persamaan dasar untuk perpindahan panas konveksi di kenal dengan hukuun perbandingan Newton, yang persamaannya sebagai berikut :

$$P = h \times A \times \Delta t \quad (4.16)$$

Dimana :

$P$  = Jumlah perpindahan panas (watt)

$A$  = Luas daerah perpindahan panas ( $\text{m}^2$ )

$t$  = Perbedaan suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h$  = Koefisien perpindahan panas ( $\text{W}/\text{m}^2^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta t$  = Selisih temperatur

Dengan membandingkan persamaan di atas dengan persamaan  $Q = t/ R_t$ , maka dapat di hasilkan resistansi panas ( $R_c$ ) dari perpindahan panas sebagai berikut :

$$R_c = 1/ hA \quad (4.17)$$

Kemudian dengan memakai tabel persamaan untuk konveksi bebas, maka di dapatkan harga koefisien perpindahan panas konveksi ( $h$ ).

Tabel 2.1 Tabel Persamaan Konveksi

Permukaan	Laminar, $10^4 < Gr_f Pr_f < 10^4$	Turulen, $Gr_f Pr_f < 10^4$
Bidang atau silinder vertikal	$h = 1,42 \left( \frac{\Delta T}{L} \right)^{1/4}$	$h = 1,31 (\Delta T)^{1/3}$
Silinder horizontal	$h = 1,32 \left( \frac{\Delta T}{d} \right)^{1/4}$	$h = 1,24 (\Delta T)^{1/3}$
Plat horizontal : Plat pemanas menghadap ke atas atau plat dingin menghadap ke bawah	$h = 1,42 \left( \frac{\Delta T}{L} \right)^{1/4}$	$h = 1,52 (\Delta T)^{1/3}$
Plat panas menghadap ke bawah atau plat dingin menghadap ke atas	$h = 0,59 \left( \frac{\Delta T}{L} \right)^{1/4}$	

Sumber : (Krelin Frank, 1991 : 533)

Berdasarkan hukum perbandingan Newton maka daya panas secara konveksi dapat dihitung sebagai berikut:

$$P = h \times A \times \Delta t$$

Dimana :

$$A = 0,94 \text{ m}^2$$

$$\Delta t = 60 \text{ } ^\circ\text{C} - 25 \text{ } ^\circ\text{C} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Sedangkan  $h$  adalah koefisien perpindahan panas yang ditentukan dengan menggunakan tabel persamaan untuk konveksi beban aliran turbulen dengan permukaan plat horizontal.

Dengan demikian :

$$h = 0,59 (\Delta t/L)$$

$$h = 0,59 (35/0,3)^{1/4}$$

$$h = 1,9 \text{ W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$$

Jadi :

$$\begin{aligned} P &= 1,9 \times 0,94 \times 35 \\ &= 62,51 \text{ watt} \end{aligned}$$

Dari perhitungan rugi – rugi daya di atas, maka didapatkan rugi – rugi daya total pada alat pengering ini, sebesar :

$$\begin{aligned} P_{\text{Rugi Total}} &= 13,4 + 62,51 \text{ W} \\ &= 75,91 \text{ W} \end{aligned}$$

Dengan demikian untuk merencanakan daya pemanas untuk alat pengering ini harus lebih besar dari 75,91 watt.

#### 4.3.8 Kotak Pengering Dan Konveyor

Kotak pengering mempunyai ukuran panjang 65 cm, lebar 30 cm dan tinggi 45 cm. Kotak pengering dilengkapi dengan konveyor yang memiliki panjang 100 cm. Kotak pengering terbuat dari bahan besi seng dan dilengkapi dengan *gaswool* yang berfungsi sebagai penahan panas sehingga dapat mengurangi rugi panas karena lingkungan luar.

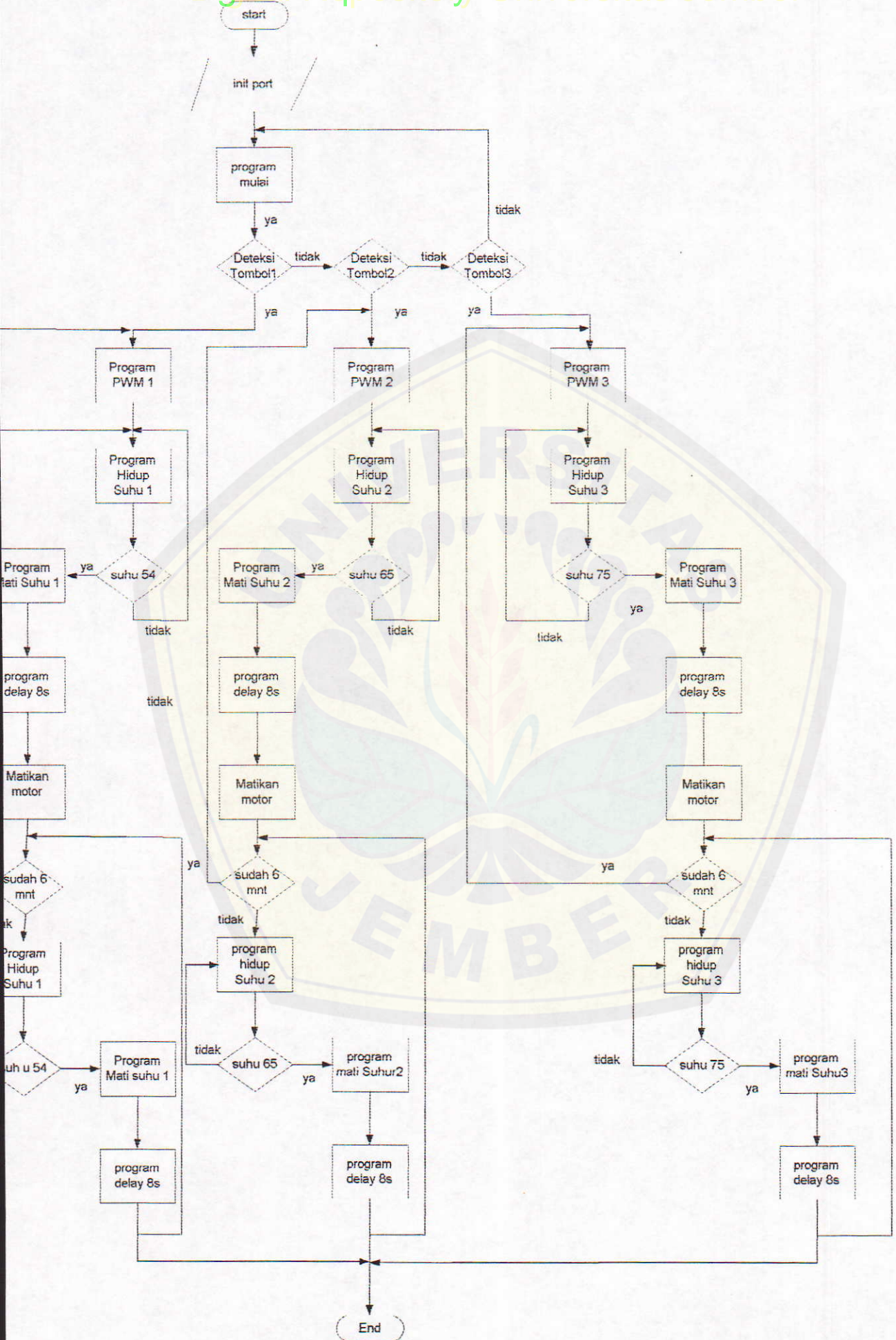
Di dalam kotak pengering terdapat empat buah elemen pemanas, dimana keempatnya diletakkan di bagian sisi kiri sebanyak dua dan di bagian sisi kanan sebanyak dua buah. Sedangkan untuk peletakan sensor suhu di letakkan pada posisi tengah dari kotak pengering dengan pertimbangan daerah tengah merupakan daerah yang paling banyak menerima panas dari heater.



#### 4.4 Perangkat Lunak

Perangkat lunak berfungsi untuk memberikan perintah pada pusat pengendali mikrokontroler untuk mendeteksi tombol pemilihan suhu dan kecepatan, pembacaan data eksternal dari ADC, mengatur lebar pulsa pengendali motor DC, mengendalikan pemanas, melakukan perbandingan suhu dengan suhu setting dan menampilkan pada media penampil.

Perangkat lunak yang digunakan adalah bahasa Assembler untuk mikrokontroler keluarga MCS – 51. Pengisian program Assembler pada MCS dilakukan dengan menggunakan suatu alat pengisi program/ *downloader* (HALINE/ ASM 51). Alat ini akan terhubung dengan komputer melalui port paralel sehingga mampu untuk memindahkan data dari komputer ke dalam mikrokontroler ATMEL AT89C51. Diagram alir di sini akan dijadikan dasar dalam pembuatan perangkat lunak.



Gambar 4.10 Diagram Alir Program

## 4.5 Pengujian Hasil Perancangan

### 4.5.1 Umum

Setelah merancang keseluruhan sub – sistem selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kerja masing – masing sub – sistem, apakah sudah selesai dengan yang di rencanakan. Setelah dilakukan pengujian terhadap masing– masing sub – sistem, selanjutnya seluruh sub – sistem tersebut digabungkan membentuk.

### 4.5.2 Pengujian Rangkaian Mikrokontroler

Daerah pengujian rangkaian mikrokontroler terdiri dari pengujian pada port – port mikrokontroler yang akan digunakan sebagai masukan maupun keluaran. Pada rangkaian mikrokontroler port 0 dan port 1 digunakan sebagai masukan dan untuk keluaran digunakan port 2 dan sebagian besar port 3

Percobaan simulasi untuk masukan port 0 digunakan sebagai keluaran ADC dengan cara mencoba program memasukan data dari ADC dan mentransfernya ke port 2, dengan pertimbangan apakah data yang dikeluarkan ADC sama dengan yang dikeluarkan mikrokontroler. Sebagai media pada port 2 diberi keluaran LED yang di-*pull-up*. Untuk masukan port 1 yang digunakan sebagai saklar *push-on*, pengujian dilakukan dengan cara memberi keluaran sebagai hasil dari kontak pada saklar. Keluaran menggunakan media LED dengan pertimbangan apabila LED menyala maka masukan atau saklar *push-on* dapat bekerja.

Pengujian untuk keluaran pada rangkaian mikrokontroler yakni port 2 di hubungkan ke rangkaian *display 7 segment* sedangkan port 3 di hubungkan dengan rangkaian penggerak *heater* dan rangkaian driver motor. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui apakah rangkaian *display 7 segment* telah dapat digunakan atau tidak sedangkan untuk rangkaian penggerak *heater* diuji dengan pertimbangan apakah relay sebagai penggerak dapat berkerja atau tidak. Untuk port yang digunakan sebagai driver diuji dengan menggunakan LED dengan pertimbangan LED dapat menyala atau tidak.

#### 4.5.3 Pengujian Rangkaian ADC

Rangkaian ADC diuji dengan bahan pertimbangan rangkaian ADC dapat bekerja dengan kepresisian dan kelinieran. Kepresisian dan kelinieran ADC dapat dilihat pada saat ADC melakukan konversi tegangan analog dengan cara melihat bilangan biner yang dikeluarkan sebagai hasil dari konversi.

Adapun hal-hal yang harus diperhatikan pada saat melakukan pengujian rangkaian ADC adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan supply tegangan pada rangkaian ADC.
- b. Mengatur masukan analog ADC dan jalur pengalamatan A, B dan C sesuai dengan rangkaian.
- c. Berikan rangkaian ADC masukan tegangan mulai 0 V sampai 5 V dengan kenaikan 0,1 V.
- d. Pin ALE dan START di berikan logika 1 pada saat awal konversi sebagai pulsa mulai konversi.

- e. Untuk mendapatkan data biner maka keluaran ADC dihubungkan dengan LED sebagai hasil konversi analog ke digital.
- f. Melakukan analisa dan pengamatan terhadap hasil pengujian yang didapatkan dan ditunjukkan oleh ADC.

Hasil pengujian rangkaian ADC di tunjukkan dalam tabel 4.2

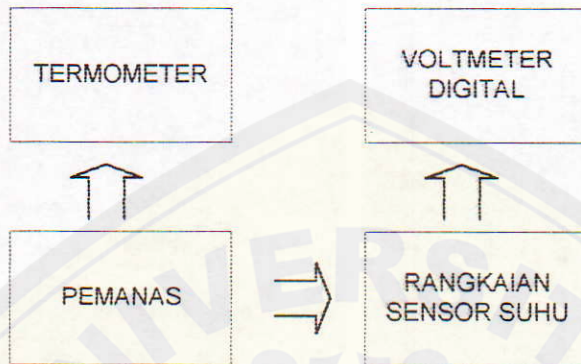
**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0809**

Temperatur <sup>0</sup> C	Vin (V)	Vo ADC (Biner)
30	0	0000 0000
31	0,1	0000 011
32	0,2	0000 0111
33	0,3	0000 1111
34	0,4	0001 0010
35	0,5	0001 1000
36	0,6	0001 1110
37	0,7	0011 1110
38	0,8	0011 1110
39	0,9	0100 0110
40	1,0	0100 0001
41	1,1	0101 0100
42	1,2	0101 1100
43	1,3	0101 1100
44	1,4	0101 1100
45	1,5	0101 1001
46	1,6	0101 1000
47	1,7	0101 1101
48	1,8	0101 1110
49	1,9	0110 0001

50	2,0	0110 0101
51	2,1	0110 1000
52	2,2	0110 1010
53	2,3	0110 1101
54	2,4	0110 1101
55	2,5	0110 1111
56	2,6	0111 0011
57	2,7	0111 0100
58	2,8	0111 0110
59	2,9	0111 0110
60	3,0	0111 1001
61	3,1	0111 1101
62	3,2	0111 1100
63	3,3	0111 1101
64	3,4	0111 1110
65	3,5	0111 1110
66	3,6	0111 1111
67	3,7	1000 0001
68	3,8	1000 0011
69	3,9	1000 0011
70	4,0	1000 0110
71	4,1	1000 1110
72	4,2	1001 1110
73	4,3	1010 0011
74	4,4	1010 0101
75	4,5	1010 0111

#### 4.5.4 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pada pengujian rangkaian sensor suhu ini digunakan voltmeter digital dan termometer. Rangkaian pengujian dapat di lihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.11 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pemanas digunakan untuk menaikkan suhu sesuai dengan daerah suhu yang di atur. Besar suhu dapat di ketahui dengan menggunakan termometer. Keluaran rangkaian sensor suhu di hubungkan dengan voltmeter digital dan hasilnya seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No	Suhu ( $^{\circ}$ C)	$V_o$ Perencanaan (Volt)	$V_o$ sensor (Volt)
1	30	0	0,05
2	31	0,1	0,2
3	32	0,2	0,29
4	33	0,3	0,31
5	34	0,4	0,38
6	35	0,5	0,44
7	36	0,6	0,51
8	37	0,7	0,58

9	38	0,8	0,9
10	39	0,9	0,95
11	40	1,0	1,03
12	41	1,1	1,18
13	42	1,2	1,25
14	43	1,3	1,34
15	44	1,4	1,43
16	45	1,5	1,58
17	46	1,6	1,70
18	47	1,7	1,77
19	48	1,8	1,82
20	49	1,9	1,88
21	50	2,0	2,09
22	51	2,1	2,18
23	52	2,2	2,23
24	53	2,3	2,43
25	54	2,4	2,47
26	55	2,5	2,55
27	56	2,6	2,76
28	57	2,7	2,78
29	58	2,8	2,85
30	59	2,9	2,86
31	60	3,0	2,92
32	61	3,1	3,06
33	62	3,2	3,18
34	63	3,3	3,24
35	64	3,4	3,31
36	65	3,5	3,42
37	66	3,6	3,57
38	67	3,7	3,64



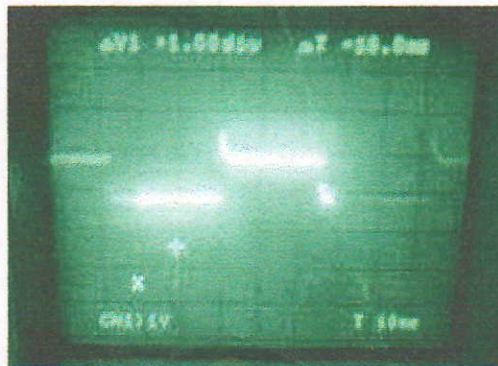
39	68	3,8	3,68
40	70	3,9	3,76
41	71	4,0	3,79
42	72	4,1	3,83
43	73	4,2	3,87
44	74	4,3	3,92
45	75	4,4	3,97

Dari data dapat dilihat terdapat hasil pengukuran yang memiliki penyimpangan dengan hasil dari perhitungan, hal ini disebabkan karena:

- a. Pembacaan suhu pada *Thermometer* yang tidak tepat.
- b. *Voltmeter* yang digunakan untuk mengukur kurang tepat dan presisi sehingga terjadi pembebanan oleh alat ukur.

#### 4.5.5 Pengujian Rangkaian Driver Motor

Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui bentuk pulsa yang dikeluarkan oleh rangkaian driver ini. Adapun cara yang dipakai adalah dengan membuat waktu tunda dengan bahasa Assembler. Pengaturan pulsa dilakukan dengan cara memberikan waktu tunda untuk ON dan waktu tunda untuk OFF sehingga dapat dihasilkan pulsa kotak dengan lebar tertentu.



Gambar 4.12a Pulsa yang dihasilkan pada frekuensi 31,5 Hz



Gambar 4.12b Pulsa pada saat frekuensi 35,9 Hz



Gambar 4.12b Pulsa pada saat frekuensi 41,5 Hz

#### 4.5.6 Pengujian Rangkaian Pemicu Heater

Pengujian rangkaian penggerak *heater* dapat dilakukan dengan cara memberikan suatu nilai *low* atau *ground* pada pin *transmitter* optocoupler.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Rangkaian Penggerak Heater

Tegangan Masukan (volt)	Keadaan Heater
+ 5	Mati
0	Hidup

#### 4.5.7 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini dilakukan dengan menggabungkan semua peralatan ke dalam sebuah sistem yang terintegrasi. Tujuannya untuk mengetahui apakah rangkaian yang di rancang telah bekerja sesuai yang di harapkan.

Waktu yang di butuhkan untuk mencapai suhu kerja (maksimal 60 °C) adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu kerja

Suhu °C	Waktu (menit)
30- 55	8
56-65	10
66-75	12

Sedangkan waktu yang di butuhkan untuk pengeringan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Perbandingan pengeringan dengan sinar matahari

Dengan Sinar Matahari	Dengan Alat Pengering
30 menit	6 menit

Dari pengujian dengan menggunakan alat pengering diperoleh hasil bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan lebih singkat dari pada waktu yang di peroleh dengan menjemur langsung di bawah terik matahari. Dengan alat pengering ini dapat berfungsi mempersingkat waktu sehingga proses kerja dapat berjalan efektif dan efisien.



BAB V  
PENUTUP



### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan dan pembuatan alat pengering marking dan pengeras silikon serta dari permasalahan yang telah diuraikan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain :

- a. Dalam proses pembuatan proyek akhir ini digunakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat kerja dalam mengontrol sistem kerja dari rangkaian. Antara lain mikrokontroler digunakan untuk melakukan kontrol ON/OFF pada rangkaian *driver Heater*, rangkaian *driver motor DC* dan juga untuk menampilkan suhu pada *display 7 segment*. Serta mikrokontroler difungsikan sebagai pemroses data eksternal dari ADC 0809. Akan tetapi dikarenakan rangkaian mikrokontroler menggunakan PCB matrik sehingga bila terjadi kesalahan sangat sulit untuk mendeteksi kesalahan bila terjadi *error* pada sistem.
- b. Adapun cara kerja dari alat pengering ini adalah dengan pemilihan salah satu dari ketiga tombol yang telah ditentukan. Masing masing tombol telah di-*setting* sesuai dengan besar suhu dan kecepatan yang digunakan. Pemilihan salah satu tombol mengakibatkan picu pada relay yang menghidupkan relay dan membentuk pulsa yang digunakan sebagai lebar pulsa kecepatan motor DC. Setelah suhu yang terdapat dikotak pemanas menunjukkan suhu yang telah di-*setting* pada range nilai  $54^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$

maka kontak relay akan terbuka dan barang yang akan dikeringkan dapat dimasukkan.

Pemasalahan dalam pembuatan alat ini adalah *setting* suhu yang digunakan mengontrol ruangan pemanas. Kesulitan utama dalam men-*setting* suhu terletak pada penentuan *data base* yang dikeluarkan oleh sensor suhu, hal ini disebabkan alat yang digunakan sebagai kalibrasi adalah termometer analog sehingga penunjukannya sangat sulit dideteksi. Disamping *setting* sensor suhu kendala lain yang dihadapi selama pembuatan alat ini adalah perancangan sistem mekanik pada motor yang digunakan untuk menggerakkan *belt* konveyor.

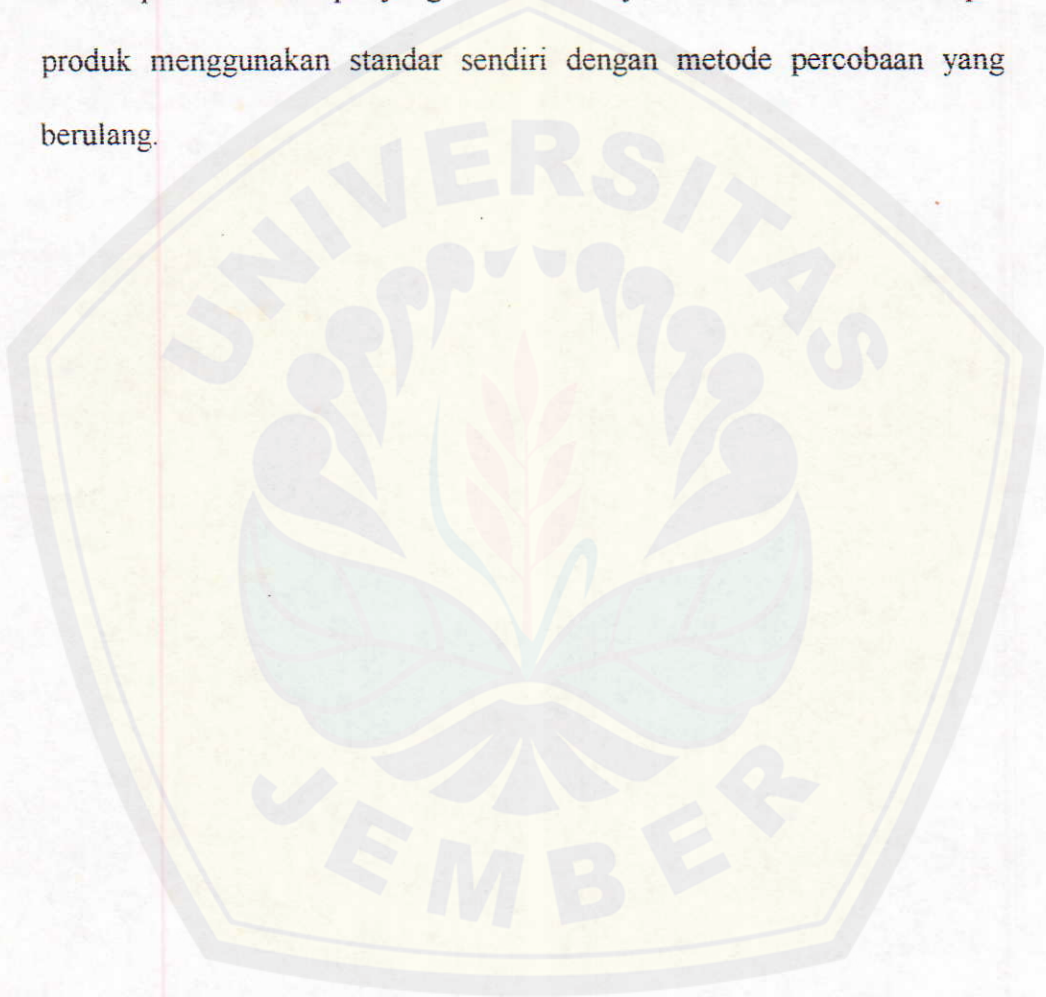
- c. Sebagai tolak ukur keberhasilan dapat digunakan sampel yang dimasukkan ke kotak pengering dan kemudian untuk melihat hasilnya maka hasil dari pengeringan dapat digores dengan tangan, dengan maksud apabila masih basah maka hasil pengeringan akan rusak. Dalam pemilihan sampel sangat sulit karena mencocokkan dengan produk yang dikeringkan pada alat sebenarnya.

## 5.2 Saran

Sebagai hasil dari evaluasi dari seluruh proses penulis mencoba memberi sedikit saran dan masukkan sehingga nantinya alat ini dapat bekerja secara optimal:

1. Pembuatan *hardware* diharapkan menggunakan PCB polos bukan PCB matrik, sehingga bila terjadi kesalahan maka akan mudah untuk dideteksi.

2. Dalam pembuatan *hardware* kalibrasi dilakukan dengan suatu alat yang memiliki tingkat kepresisian yang tinggi.
3. Untuk mempertepat tingkat keberhasilan hendaknya sistem mekanis lebih diperbaiki dengan pertimbangan secara matematis yang tepat.
4. Karena penentuan sampel yang sulit hendaknya dalam menentukan sampel produk menggunakan standar sendiri dengan metode percobaan yang berulang.



DAFTAR PUSTAKA

- Coughlin, Robert F; prisco, Frederick. 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linier*. Erlangga. Jakarta.
- Jacob Milman, 1992. *Mikroelektronika Sistem Digital dan Analog*. Erlangga. Jakarta.
- Krelin Frank, Prajino Arko. 1991. *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*, Edisi Ketiga, Erlangga. Jakarta.
- Kenneth J. ayala .... 8051 Mikrokontoller Programming And Aplication.
- Moh. Ibnu Malik. 1997. *Bereksperimen Dengan Mikrokontroller 8031*. . PT. Elex Media Komputindo .Jakarta.
- Malvino, Albert P & Tjia May On, 1996, *Prinsip-Prinsip Elektronika* , Erlangga. Jakarta.
- Malvino, Albert P & Tjia May On, 1996, *Prinsip-Prinsip Elektronika Edisi Kedua*. Erlangga. Jakarta.
- National Data Acquisition Data Book, 1995.
- Reger. L. Tokheim. 1996. *Prinsip - Prinsip Digital*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- S. Wasito, Data Sheet Book I, “ *Data IC Linier, TTL, dan CMOS*”, 1994, Elex Media Komputindo. Jakarta.
- W. Foulsham & Co Ltd, London, *Data dan Persamaan Transistor*, 1994. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- [www.google.com](http://www.google.com)\ http; Atmel 89C51
- [www.google.com](http://www.google.com)\ PWM Basic Copyright @Ledwich 1998
- [www.motorola.com](http://www.motorola.com)
- [www.national.com](http://www.national.com)
- [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)
- [www.semiconductor.agilent.com](http://www.semiconductor.agilent.com)