

**ALAT PENGENDALI SUHU PADA DISPENSER DENGAN  
METODE FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER**

**AT89S51**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh :

**KHAIRONI FERDIANSYAH**

**0001063306 – 63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK**

**2007**

**ALAT PENGENDALI SUHU PADA DISPENSER DENGAN  
METODE FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER  
AT89S51**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar sarjana teknik



Disusun oleh :

**KHAIRONI FERDIANSYAH**

**0001063306 – 63**

**DOSEN PEMBIMBING:**

**Fitriana Suhartati, ST, MT.**

**NIP. 132 206 527**

**M. Rifan, ST, MT**

**NIP. 132 283 659**

**ALAT PENGENDALI SUHU PADA DISPENSER DENGAN  
METODE FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER  
AT89S51**

Disusun oleh :

**KHAIRONI FERDIANSYAH**

**0001063306 – 63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada tanggal  
8 Februari 2007

**DOSEN PENGUJI :**

**Erni Yudaningtyas, ST. MT**

**NIP. 131 879 035**

**Retnowati, Ir**

**NIP. 131 124 656**

**Rusmi Ambarwati, ST. MT**

**NIP. 132 258 188**

**Purwanto, Ir. MT**

**NIP. 131 574 847**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. Purwanto, MT**

**NIP. 131 574 847**

## ABSTRAKS

**Khaironi Ferdiansyah.** *Alat Pengendali Suhu Pada Dispenser dengan Metode Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.* Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing: Fitriana Suhartati. ST. MT dan M. Rif'an. ST. MT.

---

Dispenser adalah alat yang digunakan untuk memanaskan dan mendinginkan air. Dengan adanya fasilitas pemanas dan pendingin pada dispenser, maka kita akan lebih mudah untuk mengkonsumsi air panas maupun air dingin yang kita inginkan. Alat dispenser tersebut sangat bermanfaat bagi manusia karena pada alat tersebut terdapat pemanas dan pendingin serta memenuhi standar kesehatan untuk mengkonsumsi air kita diminum.

Pada dispenser ini, direncanakan sebuah alat yang dapat mengendalikan suhu panas dan dingin secara otomatis menggunakan *kontrol logika fuzzy*. Suhu dingin yang diinginkan antara  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $27^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada suhu pemanas, suhu yang diinginkan berkisar antara  $27^{\circ}\text{C}$  sampai  $90^{\circ}\text{C}$ . Pada dispenser ini menggunakan 2 sensor yaitu sensor panas dan sensor dingin yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu pada air. Dari data hasil perubahan suhu yang dibaca oleh sensor, data tersebut akan dikirim ke mikrokontroler AT89S51 untuk diproses apakah perubahan suhu yang dibaca oleh sensor sesuai dengan setpoint yang diinginkan. Apabila data perubahan suhu dari sensor tidak sesuai dengan setpoint yang diinginkan, maka mikrokontroler akan memberikan perintah selanjutnya sapa data perubahan suhu sesuai dengan setpoint yang kita inginkan. Apabila suhu sudah sesuai dengan yang kita inginkan, maka suhu tersebut akan dipertahankan sesuai perintah yang diprogram oleh mikrokontroler AT89S51.

Analisis hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa dengan menggunakan setpoint yang berubah-ubah pada suhu pemanas dan pendingin dari hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil pengujian sistem mendekati nilai *setpoint* dengan nilai kesalahan keadaan mantap ( $e_{ss}$ ) rata-rata untuk suhu panas dan suhu dingin sebesar  $0^{\circ}\text{C}$

## PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT Tuhan yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul “Alat Penghasil Uap Panas pada Ruang Mandi Sauna” ini bisa selesai dengan waktu yang tepat.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Brawijaya Malang.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini banyak memperoleh dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada :

1. Ibuku, Bapakku, kakak-kakakku dan adik-adikku yang tak pernah sedetikpun lupa memberikan doa restu dan semangat tempur.
2. Bapak Ir. Purwanto MT, dan Bapak Ir. Heri Purnomo selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, dan seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Ibu Fitriana Suhartati, ST, MT dan Bapak M. Rif'an, ST.,MT. selaku dosen pembimbing.
4. Bapak Dipl. Ing. Ir. Rusli, selaku ketua kelompok Dosen Keahlian Teknik Kontrol.
5. Teman seperjuangan 2000 anak kontrol (Wijaya, Domi, Wakidi, Roni S, Lia, Mbah Heri) dan teman-teman anak elektro 2000 (Gas, Ave, Ditok, Gondrong, Erna, Yoga, Ganjar, kentang dan semua yang pernah mengenal Roni).
6. Mas Yudi yang telah memberikan banyak masukan dan dukungan moral maupun material sehingga penulis optimis untuk menyelesaikan skripsi .
7. Rekan-rekan madura dan teman-teman di kos-kosan yang memberikan bantuan , doa, dorongan moril serta motivasi selama mengerjakan skripsi.



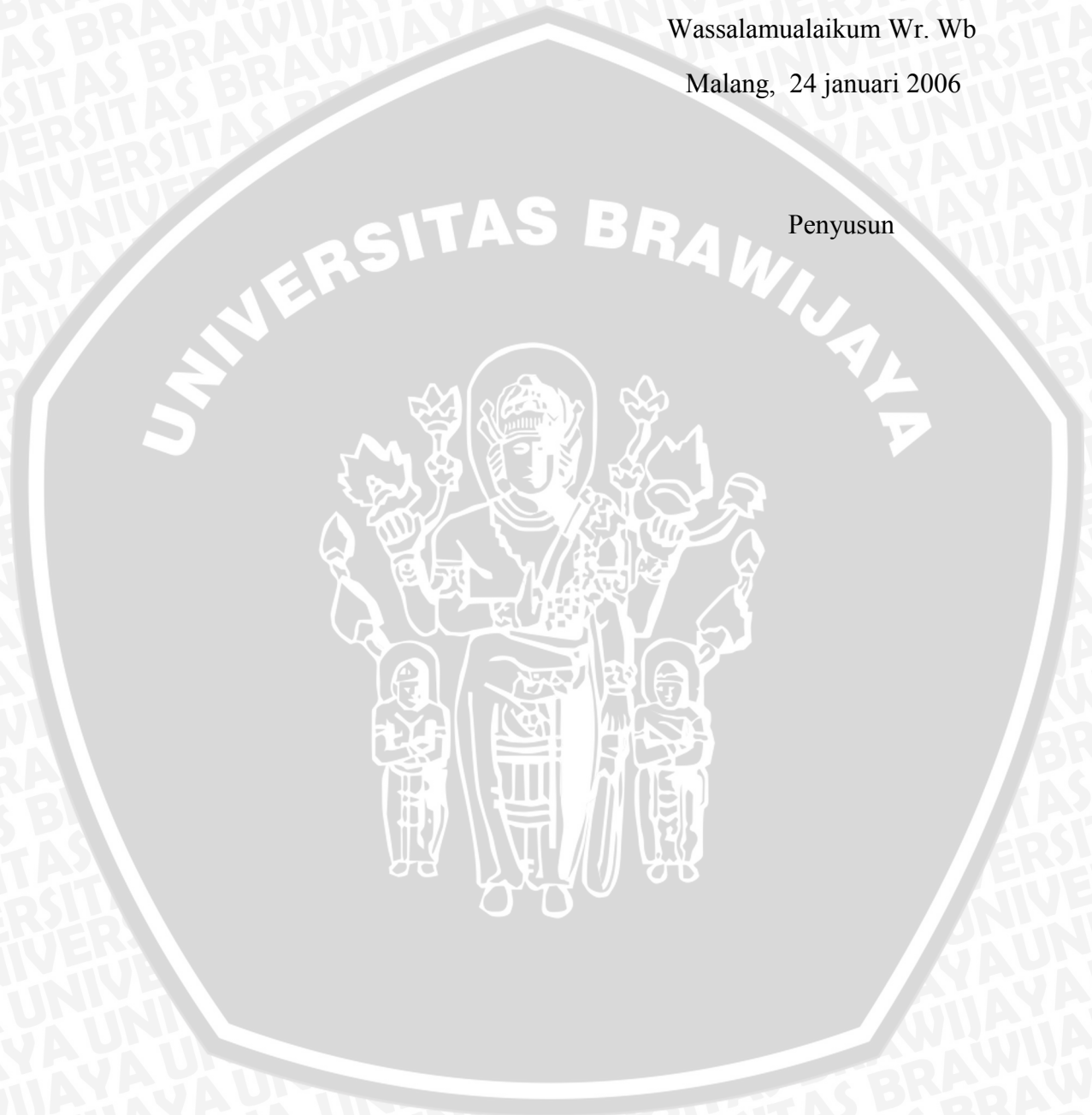
Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itulah segala kritik dan saran yang mengarah kepada perbaikan akan sangat penyusun terima dengan senang hati.

Semoga Allah SWT selalu bersama kita dalam menempuh hidup

Wassalamualaikum Wr. Wb

Malang, 24 januari 2006

Penyusun



## DAFTAR ISI

ABSTRAKSI .....	i
PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
<b>I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
<b>II TEORI PENUNJANG</b>	
2.1 logika Fuzzy .....	4
2. 1. 1. Himpunan Logika Fuzzy .....	5
2. 1. 2. Unit Fuzzifikasi .....	7
2. 1. 3. Basis Pengetahuan (Knowledge Base) .....	9
2. 1. 4. Unit Pengambilan Keputusan (Inference) .....	10
2. 1. 5. Defuzzifikasi .....	11
2.2 Mikrokontroler AT89S51 .....	11
2. 2. 1. Susunan Kaki-Kaki MCU AT89S51 .....	12
2.3 LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ) .....	14
2.4 Sensor Suhu LM35 .....	15
2.5 Pengkondisi Sinyal .....	17
2. 6. 1. Penguat Tak Membalik .....	17
2. 6. 2. Penguat Membalik .....	18
2.6 Driver .....	19
2. 6. 1. Triac .....	19
2. 6. 2. Optotriac .....	20
2.7 Analog To Digital Conversion (ADC) .....	21
2.8 Keypad (Papan Tombol) .....	22

### III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Perencanaan Alat .....	24
3.2	Pengujian Alat .....	25
3.3	Pengambilan Kesimpulan .....	25

### IV PERACANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1	Penentuan Spesifikasi Alat .....	26
4.2	Diagram Blok .....	27
4.2.1	Perancangan Perangkat Keras .....	27
4.2.2	Prinsip Kerja .....	28
4.3.2	Perancangan Kontrol Logika Fuzzy .....	28
4.3.	Perancangan Rangkaian Kontrol Elektronika .....	31
4.3.1	Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 .....	31
4.3.2	Rangkaian Sensor Suhu .....	32
4.3.3	Rangkaian Sensor Ketinggian Air .....	33
4.3.4	Analog to Digital Converter (ADC) .....	34
4.3.5	Rangkaian Tombol masukan ( <i>keypad</i> ) .....	34
4.3.6	Perancangan Liquid Crystal Display (LCD) .....	45
4.3.7	Rangkaian Driver .....	37
4.4.	Perancangan Perangkat Lunak .....	38

### V PENGUJIAN ALAT

5.1	Secara Umum .....	40
5.2	Pengujian Sensor Suhu .....	40
5.3	Pengujian Rangkaian ADC 0808 .....	42
5.4	Pengujian Sistem Keseluruhan .....	44

### VI PENUTUP

6.1	Kesimpulan .....	52
6.2	Saran .....	53

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	54
-----------------------------	----

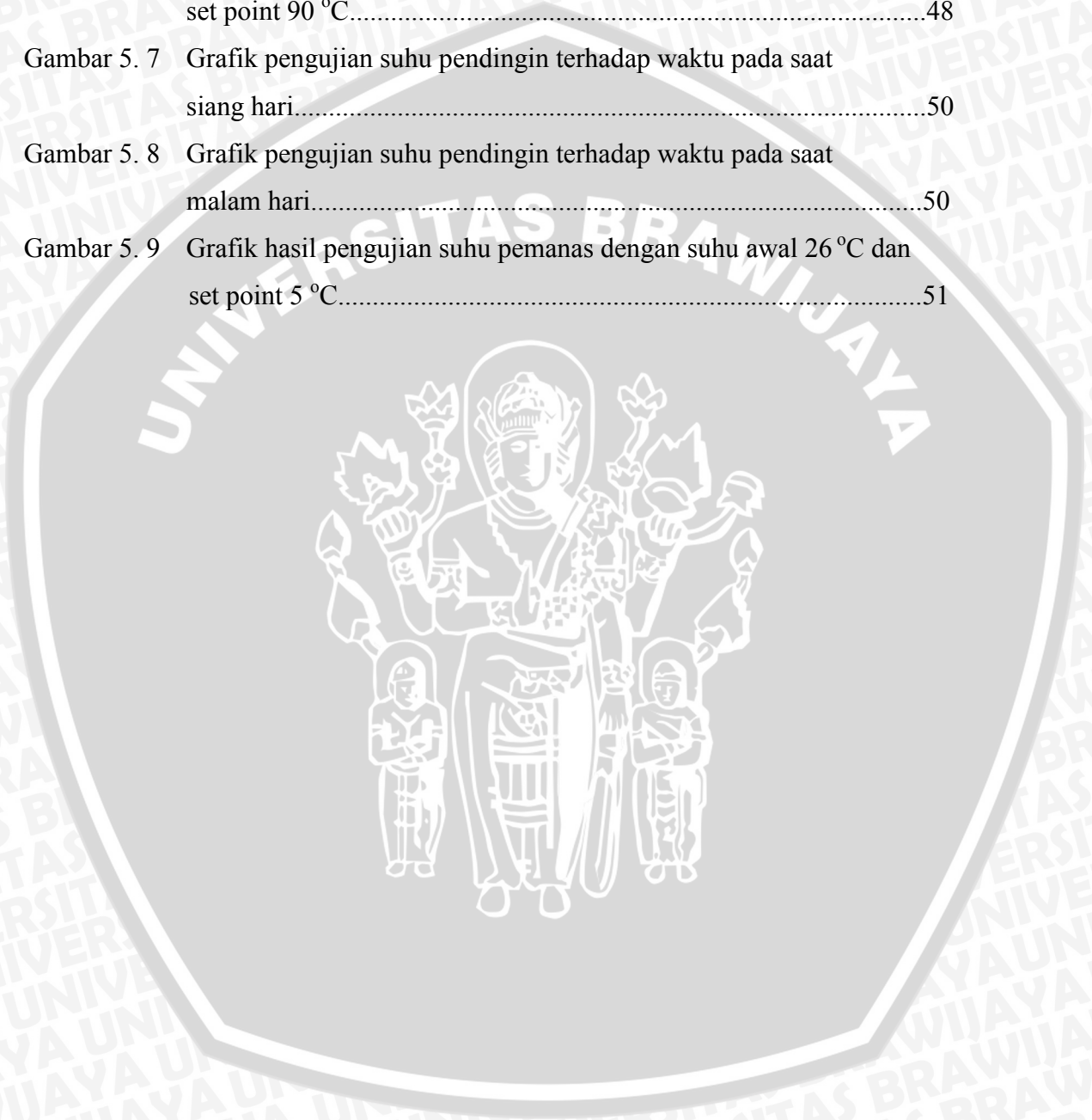
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	55
------------------------------	----



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Himpunan Fuzzy Pada Variabel Temperatur .....	5
Gambar 2.2	Struktur Kontroler Logika <i>Fuzzy</i> dasar .....	6
Gambar 2.3	S-Function .....	8
Gambar 2.4.	$\mu$ -Function .....	8
Gambar 2.5	T- Function .....	9
Gambar 2.6	Bentuk Fisik MCU AT89S51.....	12
Gambar 2.7	<i>Pinout</i> LCD .....	15
Gambar 2.8	Skema LM35 .....	16
Gambar 2.9	LM35 dengan decoupler resistor dan LM35 dengan RC damper .....	16
Gambar 2.10	Penguat Oprasional .....	17
Gambar 2.11	Penguat Tak Membalik .....	18
Gambar 2.12	Penguat membalik .....	18
Gambar 2.13	Simbol Triac .....	19
Gambar 2.14	Simbol Optotriac .....	20
Gambar 2.15	Blok Diagram ADC 0808.....	21
Gambar 2.16	Susunan Keypad Matrik 4x4 .....	23
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem Kendali Suhu .....	27
Gambar 4.2	Konfigurasi Dasar Kontrol Logika Fuzzy .....	28
Gambar 4.3	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Input Error</i> suhu Pemanas.....	29
Gambar 4.4	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Output</i> suhu Pemanas .....	30
Gambar 4.5	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Input Error</i> suhu Pendingin.....	30
Gambar 4.6	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Output</i> suhu Pendingin .....	30
Gambar 4.7	Rangkaian Mikrokontroler AT89S51 .....	32
Gambar 4.8	Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	33
Gambar 4.9	Rangkaian Sensor Ketinggian Air.....	33
Gambar 4.10	Kaki-kaki Pada ADC 0808.....	34
Gambar 4.11	Rangkaian Keypad .....	35
Gambar 4.12	Antarmuka LCD dengan mikrokontroler AT89S51.....	36
Gambar 4.13	Rangkaian Driver.....	38
Gambar 4.13	Diagram Alir Program Utama .....	39
Gambar 5.1	Blok Diagram Pengujian Rangkaian sensor suhu.....	41

Gambar 5. 2	Grafik pengujian penyimpangan sensor suhu.....	42
Gambar 5. 3	Blok Diagram Pengujian Rangkaian ADC 0808.....	43
Gambar 5. 4	Grafik pengujian suhu panas terhadap waktu pada saat siang hari....	47
Gambar 5. 5	Grafik pengujian suhu panas terhadap waktu pada saat malam hari..	47
Gambar 5. 6	Grafik hasil pengujian suhu pemanas dengan suhu awal 27 °C dan set point 90 °C.....	48
Gambar 5. 7	Grafik pengujian suhu pendingin terhadap waktu pada saat siang hari.....	50
Gambar 5. 8	Grafik pengujian suhu pendingin terhadap waktu pada saat malam hari.....	50
Gambar 5. 9	Grafik hasil pengujian suhu pemanas dengan suhu awal 26 °C dan set point 5 °C.....	51



**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Fungsi Penyemat LCD.....	15
Tabel 2.2	Saluran Analog ADC0808.....	22
Tabel 4.1	Kaidah Aturan Pemanas.....	31
Tabel 4.2	Kaidah Aturan Pendingin.....	31
Tabel 4.3	Fungsi Penyemat LCD .....	37
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Sensor Suhu IC LM35.....	41
Tabel 5.2	Hasil pengujian ADC .....	43
Tabel 5.4	Hasil Pengujian untuk Pengukuran Sensor Suhu Pemanas Pada Siang Hari.....	45
Tabel 5.5	Hasil Pengujian untuk Pengukuran Sensor Suhu Pemanas Pada Malam Hari.....	46
Tabel 5.6	Hasil Pengujian untuk Pengukuran Sensor Suhu Pendingin Pada Siang Hari.....	49
Tabel 5.7	Hasil Pengujian untuk Pengukuran Sensor Suhu Pendingin Pada Malam Hari.....	49



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.I. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan air minum adalah mutlak sangat diperlukan, seperti halnya makan, air juga merupakan salah satu zat penopang kehidupan manusia bahkan seluruh makhluk hidup. Air diperlukan oleh tubuh untuk proses metabolisme sehingga makanan yang masuk ke dalam tubuh mudah untuk dicerna. Air yang diminum hendaknya air yang bersih dari mikroorganisme yang dapat membahayakan kesehatan tubuh. Oleh karena itu sangat dianjurkan untuk memasak air yang akan diminum terlebih dahulu sehingga mikroorganisme didalamnya mati. Tetapi terkadang juga ada air yang mengandung senyawa kimia yang berbahaya bagi tubuh walaupun sudah dimasak sehingga kita perlu untuk memeriksakan kesehatan sumber air ke laboratorium.

Dengan masalah tersebut di atas sekarang ini banyak perusahaan air minum menawarkan air minum yang bersih lagi jernih, penawaran produk mereka mulai dari kemasan gelas, botol serta galon. Dilihat dari segi ekonomis, kemasan seperti ini lebih praktis dan terjamin kesehatan airnya karena tentunya telah menjalani uji kesehatan di laboratorium. Dengan semakin banyaknya perusahaan air minum yang menawarkan produk mereka, bermunculan pula produk peralatan yang memudahkan kita dalam mengkonsumsi air minum dengan berbagai kemasan, salah satunya adalah dispenser. Alat tersebut digunakan untuk memudahkan kita dalam mengkonsumsi air minum khususnya dalam kemasan galon. Fasilitas yang ada pada alat tersebut adalah adanya saluran pemanas dan pendingin air sehingga apabila kita memerlukan air panas dan dingin dapat di ambil dari dispenser tersebut. Dispenser yang ada di pasaran menggunakan saklar manual untuk menghidupkan dan mematikan saluran pemanas dan pendingin air. Cara seperti ini dapat membahayakan peralatan karena seringkali konsumen lupa mematikan kembali saklar On / Off. Apabila saklar tidak dimatikan dan saat itu air telah habis maka hal ini dapat merusak saluran pemanas dan akan cepat menghabiskan refrigerant pada saluran pendingin. Selain itu kita tidak dapat mengetahui berapa suhu pada saluran pemanas dan pendingin karena tidak adanya penampilan suhu sehingga konsumen tidak dapat mengeset suhu yang diinginkan.

Dalam perancangan kendali otomatis maka model dari *plant* yang akan dikendalikan harus diketahui terlebih dulu. Berdasarkan model yang diperoleh itu maka perancang dapat melakukan perancangan kendali menggunakan beberapa teknik identifikasi untuk memperoleh algoritma kontrolnya. Namun seringkali model proses tidak diketahui dengan pasti di samping adanya sifat *non linear* pada sistem.

Teknologi mikrontroler menggunakan logika fuzzy dapat menjawab permasalahan di atas. Karena pada dasarnya pengendalian logika fuzzy merupakan metode pengendalian yang mensimulasi cara berpikir manusia dengan melibatkan ketidak pastian yang terdapat pada sistem fisik. Pengendalian dengan logika fuzzy dilakukan oleh sistem pakar berbasis aturan fuzzy ( fuzzy rule base expert system ) sebuah model berpikir secara logika yang mirip dengan cara manusia mengambil keputusan.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dalam tugas akhir ini akan dirancang sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk otomatisasi dispenser sehingga dapat mengatasi kelemahan yang ada pada kebanyakan dispenser di pasaran dari segi keamanan dan pengesetan suhu. Sebagai pusat pengaturan dari perangkat elektronik ini digunakan mikrokontroler AT89S51, sensor suhu untuk mengetahui suhu pada saluran pemanas dan pendingin dan sensor untuk mendeteksi adanya air sehingga kita dapat mengetahui air masih penuh atau sudah habis.

## **I.2. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah di atas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem kontrol logika *fuzzy* berbasis *mikrokontroler* serta menerapkannya pada pengendalian suhu dispenser
2. Bagaimana merancang sistem pengendalian suhu pada prototipe dispenser agar tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu luar.

## **I.3. Batasan Masalah**

Dalam perancangan skripsi ini perlu adanya batasan masalah yang berkaitan dengan perancangan sistem yaitu :

1. Sistem mikrontroler yang di gunakan AT89S51 buatan ATMEL Corp.
2. LCD digunakan untuk tampilan menu.
3. Tidak membahas mekanik dari dispenser.
4. Tidak membahas catu daya.

#### **I.4. Tujuan**

Tujuan menyusun skripsi ini adalah merencanakan dan membuat sebuah alat yang memudahkan kita untuk mengatur suhu pada pemanas dan pendingin dengan teori kontrol logika fuzzy pada dispenser serta mampu mematikan saklar utama apabila air telah habis. Suhu pada pemanas dan pendingin serta pilihan menu utama ditampilkan melalui LCD sehingga diharapkan konsumen mengetahui suhu air saat itu .

#### **I.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut :

##### **BAB I : Pedahuluan**

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

##### **BAB II : Teori Penunjang**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan

Alat.

##### **BAB III : Metodologi**

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

##### **BAB IV : Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Perancangan dan perealisasiian alat yang belum ada judulnya.

##### **BAB V : Pengujian Alat**

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

##### **BAB VI : Kesimpulan dan Saran**

Memuat kesimpulan dan saran-saran.

## BAB II

### TEORI PENUNJANG

Dalam pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung. Pemahaman ini akan bermanfaat untuk merealisasikan alat pengatur suhu dan keamanan pada dispenser dengan menggunakan mikrokontroler AT89S51. Perencanaan dan pembuatan alat ini memudahkan kita untuk mengatur suhu pemanas dan pendingin serta mampu mematikan saklar utama apabila air telah habis pada dispenser yang menggunakan mikrokontroler AT89S51.

#### 2.1. Logika Fuzzy

Pada tahun 1965, logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi. A Zadeh yang menjadi guru besar di University Of California. Beliau mengemukakan suatu himpunan yang disebut himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) untuk menerangkan suatu logika bertingkat. Logika ini kemudian dikenal dengan logika *fuzzy*. Zadeh memilih kata “ Fuzz “ untuk mempresentasikan suatu nilai logika kontinu antara 0 ( pasti salah ) dan 1 ( pasti benar ) [Jamshidi, 1993 : 12].

Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang lebih dekat dengan cara berpikir manusia. Kalau pada himpunan crisp, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan yaitu 0 dan 1. Pada nilai *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

Logika *fuzzy* bekerja dengan mengubah variabel control ( panas dan dingin, cepat atau lambat ) ke dalam tingkatan yang lebih halus ( hangat atau sejuk, cukup cepat atau agak lambat ) dengan derajat keanggotaan yang bervariasi. Berbeda dengan teori logika digital, dalam logika *fuzzy* suatu kejadian tidak harus mutlak benar atau salah.

Sebuah sistem logika *fuzzy* dapat mengurangi ketidakakuratan pada sistem klasik yang memiliki persyaratan keanggotaan yang membatasi nilai anggota-anggota himpunannya hanya pada satu sampai nol saja.

Batasan dari logika ini terdefinisi dengan tajam pada angka nol dan satu,, sehingga tingkat keakuratannya menjadi rendah. Sedangkan pada himpunan *fuzzy*, sebuah himpunan unsur-unsur atau anggota himpunan data menjadi anggota himpunan dengan tingkat keanggotaan nol sampai satu. Ada transisi yang bertahap dari unsur yang menjadi anggota atau bukan anggota himpunan dalam sebuah himpunan *fuzzy*.

### 2. 1. 1. Himpunan Logika fuzzy

Himpunan *Fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

- Linguistik*, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- Numeris*, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 10, 20, 30, 40, 50 dan sebagainya.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

- Variabel *fuzzy*

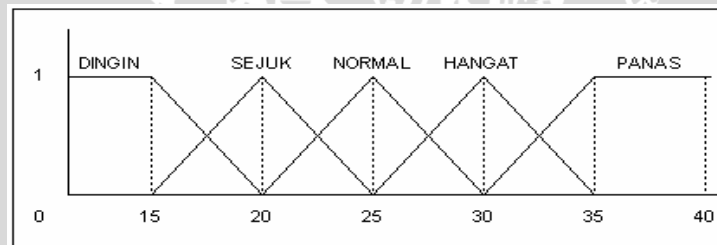
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: temperatur, kelembaban, umur, dan sebagainya.

- Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh:

variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu: SANGAT DINGIN, DINGIN, NORMAL, HANGAT, dan PANAS. (Gambar 2.1).



**Gambar 2.1** Himpunan Fuzzy pada variabel temperatur

Sumber: Artificial Intelligence, 2003

- Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara *monoton* dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: [0 10 20 30 40 50]

- Domain



Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara *monoton* dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

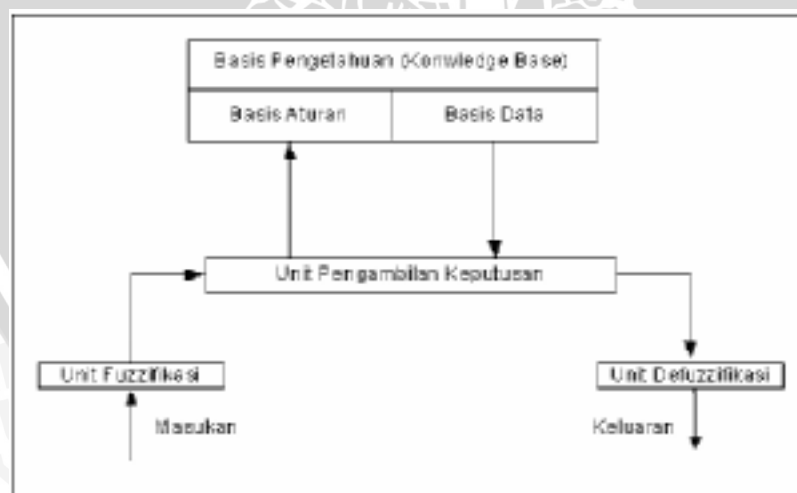
Sumber: Sri K, 2003: 158-160

Contoh domain himpunan *fuzzy*:

- Sangat Dingin = [ 0 20]
- Dingin = [10 30]
- Normal = [20 40]
- Hangat = [30 50]
- Sangat Panas = [40 90]

Himpunan *fuzzy* didefinisikan dalam semesta himpunan  $X$ , himpunan *fuzzy* ditentukan oleh fungsi keanggotaan yang memetakan anggota  $X$  ke daerah keanggotaan yang selalu berada dalam interval  $[0,1]$ . [Jun Yan, 1994: 15].

Gambar struktur kontroler logika fuzzy dasar digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2. Struktur kontroler logika *fuzzy* dasar

Sumber: Jun Yan, dkk., 1994 : 47

### 2.1. 2. Unit Fuzzifikasi

Seperti yang terlihat dalam Gambar 2.2. di atas, salah satu komponen kunci logika fuzzy adalah unit fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses perubahan dari variabel nonfuzzy (crisp, contohnya: 25, 40, 50), menjadi variabel fuzzy (contohnya: muda, parobaya, tua).

Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan dari himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*. Fuzzifikasi berfungsi untuk mengubah hasil pengukuran ke dalam pernyataan linguistik. Operasi fuzzifikasi melibatkan transformasi sebuah himpunan *non fuzzy* ke dalam himpunan *fuzzy*. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan menentukan fungsi keanggotaan. Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut :

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.1)$$

dengan :  $x_0$  = vektor nilai *crisp* variabel masukan

$x$  = vektor himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

*fuzzifier* = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan:

1. Himpunan *fuzzy* dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan *fuzzy* dengan jumlah ganjil, pemilihan sebaiknya 5 atau 7.
3. Mengatur himpunan *fuzzy* agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapesoida.

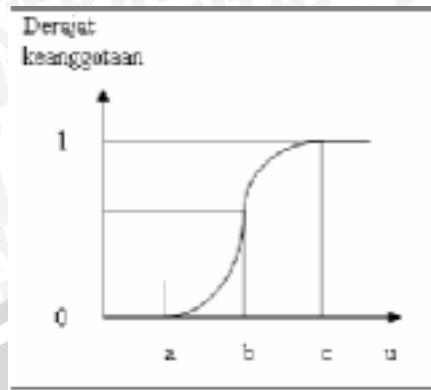
Ada beberapa fungsi keanggotaan dalam logika *fuzzy*. Adapun yang sering digunakan adalah bentuk fungsi-S, fungsi- $\pi$ , fungsi T (triangular). Contoh berikut ini adalah tiga macam keanggotaan yang dinyatakan dengan fungsi keanggotaan S,  $\pi$  dan T (triangular).

#### a. S-function

Definisi S-function adalah sebagai berikut :

$$S(u,a,b,c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ 2\left(\frac{u-a}{c-a}\right) & a \leq u \leq b \\ 1-2\left(\frac{u-a}{c-a}\right) & b \leq u \leq c \\ 1 & u > c \end{cases} \quad (2.2)$$

Bentuk diagramatik S-function ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



**Gambar 2.3** S-Function

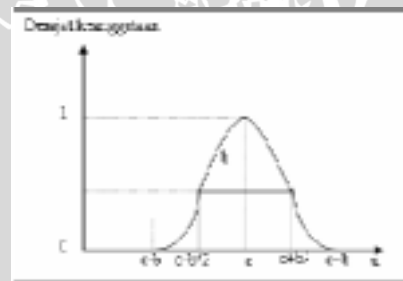
Sumber: Jun Yan, 1994:29

### b. $\pi$ -Function

Definisi  $\pi$ -Function adalah sebagai berikut :

$$\pi(u; b, c) = \begin{cases} S(u; c - b, c - \frac{b}{2}, c) & u \leq c \\ 1 - S(u; c, c + \frac{b}{2}, c + b) & u \geq c \end{cases} \quad (2.3)$$

Bentuk diagramatik  $\pi$ -Function ditunjukkan dalam Gambar 2.4



**Gambar 2.4**  $\pi$ -Function

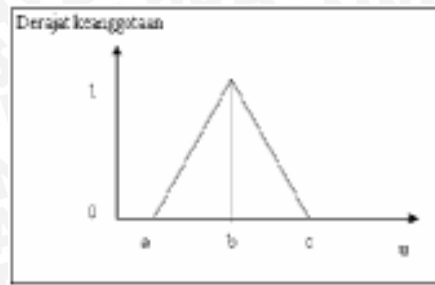
Sumber: Jun Yan, 1994:29

### c. Triangular-function.

Triangular-function didefinisikan sebagai berikut :

$$T(u; a, b, c) = \begin{cases} 0 & u < a \\ \frac{u-a}{b-a} & a \leq u \leq b \\ \frac{c-u}{c-b} & b \leq u \leq c \\ 0 & u > c \end{cases} \quad (2.4)$$

Bentuk diagramatik Triangular-function ditunjukkan dalam gambar 2.5



**Gambar 2.5** T-Function

Sumber: Jun Yan, 1994:30

### 2.1.3. Basis Pengetahuan (Knowledge Base)

Bagian terpenting logika fuzzy lainnya adalah basis pengetahuan yang mengandung dua jenis informasi utama, yaitu: basis aturan dan basis data.

Pengetahuan (*knowledge*) adalah suatu pengertian tentang beberapa wilayah subyek yang diperoleh melalui pendidikan dan pengalaman. Meskipun fuzzy tidak mungkin mendapat pengalaman atau belajar dan meneliti seperti manusia, tapi ia dapat memperoleh pengetahuan yang dibutuhkannya itu melalui upaya yang diberikan oleh seorang pakar manusia.

Hampir semua pangkalan pengetahuan (*knowledge base*) sangat terbatas dalam arti terfokuskan kepada suatu masalah khusus. Pada saat pangkalan pengetahuan itu sudah terbentuk, maka fuzzy bisa digunakan untuk memberi kemampuan baru kepada komputer atau alat agar bisa berfikir, menalar dan membuat inferensi (mengambil keputusan berdasarkan pengalaman) dan membuat pertimbangan-pertimbangan yang didasarkan kepada fakta dan hubungan-hubungannya yang terkandung dalam pangkalan pengetahuan itu.

---

Sumber: Paramita Training Center, 2000: 11

#### 2.1.3.1 Basis Aturan

Basis aturan terdiri atas aturan-aturan kontrol fuzzy yang menyatakan hubungan dalam pengontrolan. Aturan – aturan kontrol fuzzy disusun berdasarkan pada tujuan dan ketentuan pengontrolan yang diberikan oleh orang yang ahli pada bidangnya.

Bentuk umum dari aturan logika *fuzzy* ini sebagai berikut,

$$\text{If (kondisi), Then (aksi)} \quad (2.5)$$

Kaidah atur yang digunakan dalam logika *fuzzy* berupa kaidah atur “*If-Then*”. Aturan “*If*” menunjukkan situasi sedangkan aturan “*Then*” menunjukkan aksi. Aturan “*If*” disebut antiseden sedangkan “*Then*” disebut konsekuen. Antiseden ini menunjukkan daerah masukan yang dikarakteristikan dalam semesta himpunan variabel masukan. Konsekuen mendefinisikan aksi kontrol yang diinginkan. [Smith dan Corner, 1991: 19].

### 2.1.3.2 Basis Data

Basis data mendefinisikan fungsi keanggotaan himpunan-himpunan fuzzy variabel masukan dan keluaran pengendali logika fuzzy. Basis data juga menyediakan definisi yang perlu dari parameter-parameter fuzzy sebagai himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada himpunan semesta untuk masing-masing variabel. Penyusunan basis data melibatkan pendefinisian himpunan semesta untuk masing-masing variabel, penentuan jumlah fuzzy serta perancangan fungsi keanggotaannya.

-----  
**Sumber:** (Jun Yan,dkk.,49).

### 2.1.4. Unit Pengambilan Keputusan (Inference)

Proses untuk menghasilkan aksi keluaran (aksi control fuzzy) dari suatu kondisi masukan (terfuzzifikasi) dengan mengikuti aturan-aturan (rule) yang telah ditetapkan merupakan definisi dari inference.

Keputusan yang dihasilkan dari proses ini masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Salah satu unit pengambilan keputusan yang sering dipergunakan pada kontroler logika fuzzy adalah metode MAX-MIN.

Penyimpulan fuzzy adalah merupakan inti dari suatu Kontrol Logika Fuzzy yang mempunyai kemampuan untuk mensimulasikan keputusan manusia yang didasarkan pada konsep fuzzy dan menyimpulkan aksi kontrol fuzzy menggunakan implikasi fuzzy dan aturan-aturan penyimpulan dalam logika fuzzy.

-----  
**Sumber:** Jun Yan,dkk.,54.

### 2.1.5. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan fuzzy ke himpunan *crisp*.

Output dalam bentuk *crisp* ini digunakan untuk aksi kendali. Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi berfungsi untuk mengubah keluaran linguistik ke dalam keluaran *crisp*.

Strategi defuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$y_0 = \text{defuzzifier}(y) \quad (2.6)$$

dengan :

- $y$  = aksi kontrol *fuzzy*
- $y_0$  = aksi kontrol *crisp*
- defuzzifier* = operator defuzzifikasi

Metode defuzzifikasi ada dua, yaitu : Metode rata-rata maksimum dan metode pusat luasan. (Jun Yan,dkk.,56).

### 2.2. Mikrokontroler AT89S51

AT89S51 merupakan salah satu mikrokontroler dari buatan ATMEL keluarga MCS-51 yang mempunyai 4 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 128 byte RAM, 32 pin I/O (4 buah *port* I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah timer/counter 16 bit, mempunyai watchdog timer, serta dua data pointer.

Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu *chip* (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler AT89S51 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya

Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler AT89S51 adalah sebagai berikut :

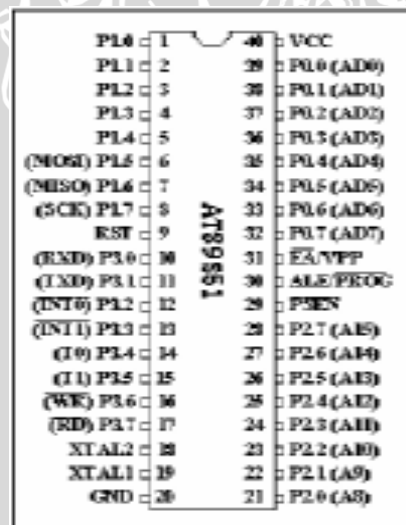
- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- Memiliki memori baca-tulis (RAM) sebesar 128 byte.

- Jalur dua arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran.
- Sebuah *port* serial dengan kontrol *full duplex* UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).
- Dua buah *timer/counter* 16 bit.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash EPROM yang besarnya 4 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *Boolean*.
- Mampu beroperasi sampai 33 MHz.

Sumber: Atmel, 2001: 4-29

### 2.2.1. Susunan Kaki-Kaki MCU AT89S51

Susunan kaki-kaki mikrokontroler AT89S51 diperlihatkan dalam Gambar 2.6 berikut..



PL0	1	40	VCC
PL1	2	39	P0.0 (AD0)
PL2	3	38	P0.1 (AD1)
PL3	4	37	P0.2 (AD2)
PL4	5	36	P0.3 (AD3)
(MISO) PL5	6	35	P0.4 (AD4)
(MOSI) PL6	7	34	P0.5 (AD5)
(CLK) PL7	8	33	P0.6 (AD6)
EST	9	32	P0.7 (AD7)
(RND) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT6) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WE) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.6. Gambar fisik MCU AT89S51

Penjelasan dari masing-masing kaki adalah sebagai berikut:

- GND, dihubungkan dengan *ground* rangkaian.
- VCC, dihubungkan dengan sumber tegangan +5V.
- *Port* 0 (P0.0 – P0.7), merupakan *port* I/O 8 bit dua arah. *Port* ini digunakan sebagai multipleks bus alamat rendah dan bus data selama pengaksesan ke memori luar.

- *Port 1* (P1.0 – P1.7), dapat berfungsi sebagai *input* maupun *output* dan bekerja baik untuk operasi bit maupun *byte*, tergantung dari pengaturan *software*. 3 buah kakinya mempunyai fungsi khusus yang digunakan selama pengisian program, yaitu antara lain:
  - P1.4, sebagai kaki MOSI (*input*).
  - P1.5, sebagai kaki MISO (*output*).
  - P1.6, sebagai kaki SCK.
- *Port 2* (P2.0 – P2.7), dapat digunakan sebagai alamat bus baik bus *byte* tinggi selama adanya akses ke memori program atau memori data luar.
- *Port 3* (P3.0 – P3.7), *port* ini selain mempunyai fungsi sebagai I/O juga mempunyai fungsi khusus sebagai berikut:
  - $\overline{RD}$  (P3.7), sinyal pembacaan memori data luar.
  - $\overline{WR}$  (P3.6), sinyal penulisan memori data luar.
  - T1 (P3.5), masukan dari pewaktu /pencacah 1.
  - T0 (P3.4), masukan dari pewaktu/pencacah 0.
  - $\overline{INT0}$  (P3.2), masukan interupsi 0.
  - $\overline{INT1}$  (P3.3), masukan interupsi 1.
  - TXD (P3.1), keluaran pengiriman data untuk *serial port (asynchronous)* atau sebagai keluaran *clock (synchronous)*.
  - RXD (P3.0), masukan data *serial* atau sebagai keluaran data.
- RST, masukan reset. Kondisi '1' selama dua siklus mesin ketika osilator bekerja akan mereset mikrokontroler yang bersangkutan.
- $\overline{ALE}/\overline{PROG}$  (*Address Latch Enable*), kaki ALE (aktif tinggi) mengeluarkan pulsa *output* untuk menahan satu *byte* alamat rendah selama mengakses ke memori eksternal. Kaki ini juga merupakan *input* pulsa program yang aktif rendah selama pemrograman EPROM.
- $\overline{PSEN}$  (*Program Strobe Enable*), kaki ini merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan intriksi (*fethcing*).
- XTAL1, kaki ini merupakan kaki *input* ke penguat osilator pembalik dan *input* ke rangkaian operasi *clock* internal.
- XTAL2, kaki ini merupakan kaki *output* dari penguat osilator pembalik.



- $\overline{EA}/VPP$  (*External Access/Programming Supply Voltage*), bila kaki  $\overline{EA}$  diberi logika tinggi, mikrokontroler akan melaksanakan intruksi dari ROM/EPROM. Bila diberi logika rendah, mikrokontroler akan melaksanakan seluruh intruksi dari memori program luar.

Sumber: Data Sheet Atmel AT89S51, 2003: 2/306.5

### 2.3. LCD (*Liquid Crystal Display*)

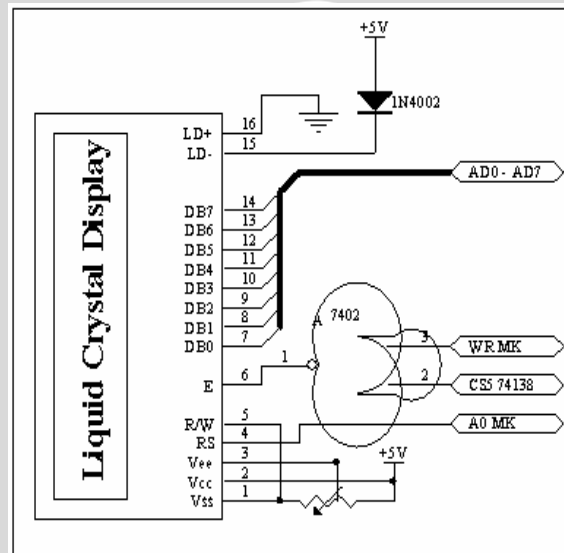
Dalam perancangan, LCD digunakan untuk menampilkan menu utama. Tipe LCD yang digunakan adalah TM 162ABC buatan *Seiko Instruments Inc.* Tipe ini mempunyai konsumsi daya rendah dengan menggunakan teknologi CMOS. Spesifikasi dari LCD ini adalah :

- Mempunyai enam belas karakter dengan 5 x 7 dot matrik dan kursor,
- Rasio kerja adalah 1/16,
- Power On Reset* secara otomatis,
- Karakter generator ROM: 8320 Bits,
- Karakter generator RAM: 512 Bits,
- Antarmuka dengan MPU empat bit dan delapan bit,
- Tegangan masukan sebesar 5 V $\pm$ 10%.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul ini berupa bus data yang masih termultiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Tabel 1. menunjukkan tabel fungsi pin LCD, sedangkan Gambar 2.7. menunjukkan pin out LCD.

Tabel 2.1 Fungsi penyemat LCD

Penyemat	Fungsi
DB <sub>0</sub> -DB <sub>7</sub>	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD
Enable	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca Sinyal seleksi tulis atau baca
R/W	0 : tulis 1 : baca
RS	Sinyal pemilih register 0 : instruksi register (tulis) 1 : data register (baca dan tulis)



Gambar 2. 7. Pinout LCD

Sumber: Data sheet TM162ABC

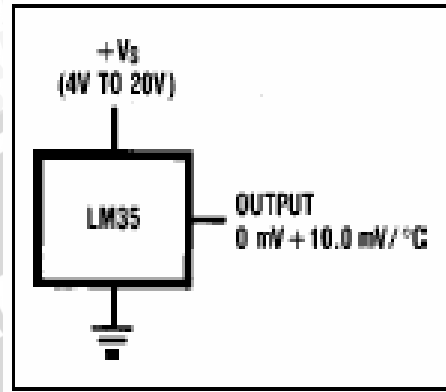
#### 2.4. Sensor Suhu LM35

LM35 merupakan sensor suhu terintegrasi yang mempunyai tegangan keluaran yang linier. LM35 mempunyai impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linier dan kalibrasi yang tepat sehingga mudah untuk di hubungkan dengan rangkaian lain. Adapun fitur yang ada pada LM35 adalah sebagai berikut:

- Kalibrasi dalam derajat celcius
- Faktor skala linier adalah  $10 \text{ mV}^{\circ}\text{C}$

- Jangkauan suhu  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $150^{\circ}\text{C}$
- Tegangan operasi dari 4 V sampai 30 V
- Ketidaklinieran hanya  $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$
- Impedansi keluaran kecil, 0,1 Ohm untuk arus beban 1mA

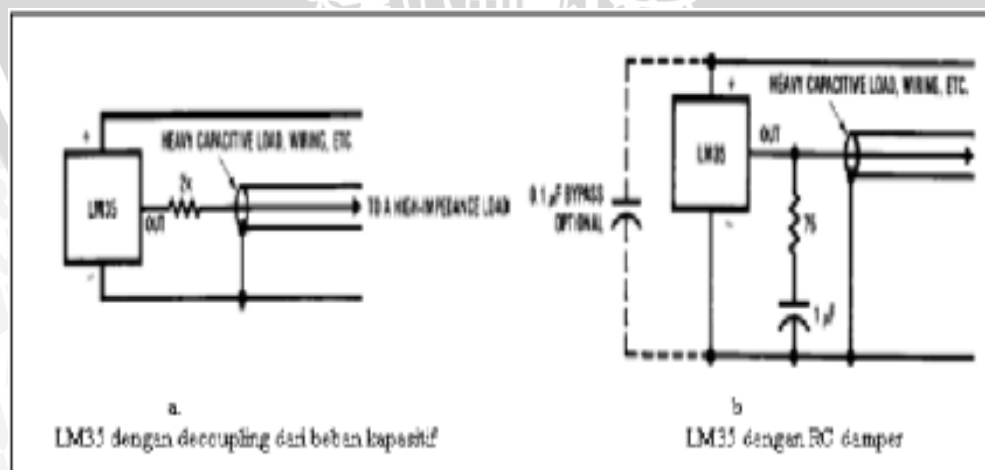
Dalam Gambar 2.8 ditunjukkan skema sensor suhu LM35.



Gambar 2.8 Skema LM35

Sumber: Datasheet LM35

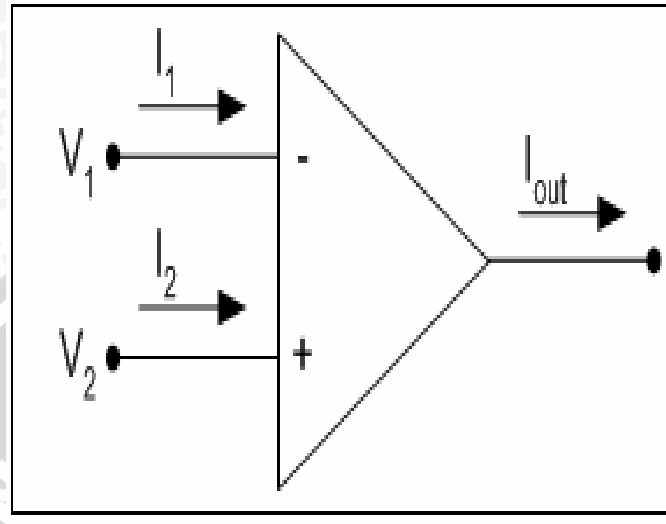
LM35 mempunyai batas kemampuan untuk mendrive beban kapasitif. LM35 dapat mendrive 50 pF tanpa penanganan khusus. Jika beban bertambah maka untuk mengantisipasi dengan mengisolasi atau mendecouple beban dengan resistor atau dengan menambah kapasitansi yang disusun seri dengan resistor antara output dan ground seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



Gambar 2.9. LM35 dengan decouple resistor dan LM35 dengan RC damper

## 2. 5. Pengkondisi Sinyal

Sebuah penguat operasional secara umum dan sederhana dapat diwakili oleh gambar 2.10 yang menunjukkan karakteristik penguat ini.



**Gambar 2.10.** Penguat Operasional

Sumber: Webster, 1983:113

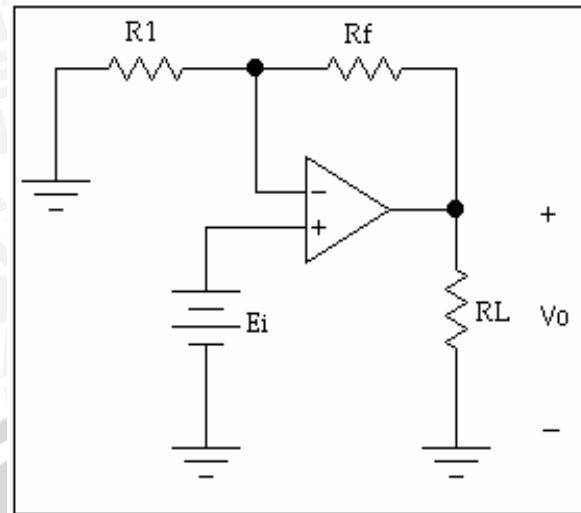
Biasanya sinyal dari sensor suhu sangat lemah dan cenderung berubah-ubah. Pengkondisi sinyal analog dibutuhkan agar perubahan sinyal tidak mempengaruhi sistem. Pengkondisi sinyal analog dibuat dengan menggunakan *op-omp* (*operationis amplifier*) yang difungsikan sebagai penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*).

---

**Sumber:** Sutrisno, 1987: 117

### 2.5.1. Penguat Tak Membalik

Penguat umpan balik tegangan tak membalik adalah penguat tegangan yang mendekati ideal karena impedansi masukan tinggi, impedansi keluarannya rendah dan bati tegangannya yang mantap. Pada penguat jenis ini sinyal masuk menggerakkan masukan tak membalik dari penguat, sebagian dari tegangan keluar kemudian dicuplik dan diumpankan kembali ke masukan membalik. Dalam Gambar 2.11 ditunjukkan penguat tak membalik.

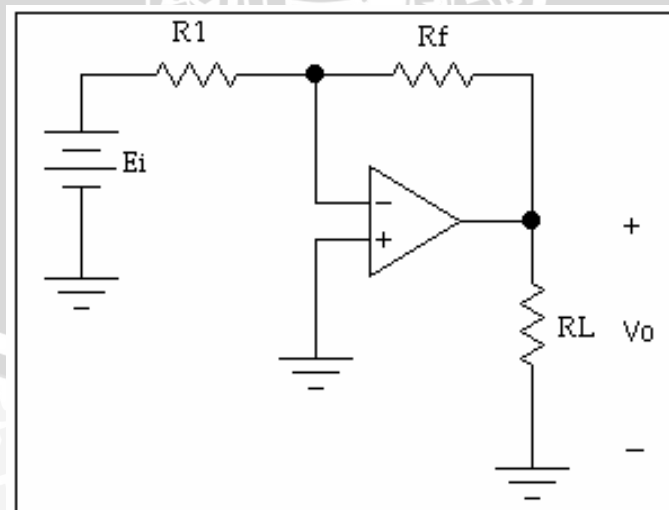


**Gambar 2.11.** Penguat Tak Membalik

Sumber: Rober F. Coughlin,1994:47

### 2.5.2. Penguat Membalik

Pada penguat membalik, sinyal masukan menggerakkan masukan membalik dan tegangan keluaran dicuplik. Cara ini menghasilkan umpan balik tegangan membalik. Penguat dengan umpan balik tegangan membalik cenderung berlaku seperti pengubah arus ke tegangan sempurna, yaitu yang mempunyai impedansi masuk nol, impedansi keluaran nol dan perbandingan  $V_{out}/V_{in}$  yang tetap. Dalam Gambar 2.12 ditunjukkan penguat membalik.



**Gambar 2.12.** Penguat Membalik

Sumber: Rober F. Coughlin,1994:33

## 2.6. Driver

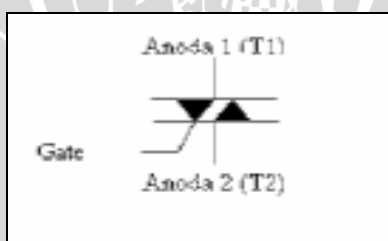
Untuk menghubungkan rangkaian mikrokontroler ke pemanas dan pendingin sekaligus mengisolasinya dari sumber AC maka dibutuhkan rangkaian penggerak pemanas dan rangkaian pendingin. Perancangan rangkaian *driver* pemanas ini menggunakan triac dan optotriac.

### 2.6.1. Triac

Triac adalah sebuah semikonduktor arus bolak-balik yang akan menghantar jika diberi sinyal energi rendah ke bagian gerbangnya (gate). Triac menghantar dalam dua arah. Triac dapat disulut oleh arus searah, arus bolak-balik ataupun pulsa.

Karena Triac mampu dilalui arus bolak-balik maka penamaan terminalnya T1, T2, G dengan ketentuan T1 dan T2 adalah terminal pembawa arus dan G adalah terminal pemacu triac. Telah menjadi standar praktek yaitu dengan memakai T1 sebagai titik referensi untuk arus dan tegangan yang diberikan kepada triac.

Perancangan ini menggunakan sumber AC dari jala-jala PLN yang memiliki tegangan sebesar 220V, agar dalam proses pemanasan diperoleh suhu yang stabil yaitu  $90^{\circ}\text{C}$  maka digunakan Triac (*triode alternating current*) Simbol triac ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Simbol triac.

Sumber: Barry Woollard, 1999: 96.

Kelebihan triac dari saklar mekanik dan relay adalah tidak adanya bunga api dan mempunyai kecepatan operasi yang tinggi sehingga menghasilkan kontrol arus yang teliti.

Triac mempunyai dua karakteristik penting, yaitu:

1. Suatu triac akan tetap dalam keadaan tidak menghantar meskipun dibias maju sampai  $V_{BRF}$  (tegangan *breakover*) majunya tercapai.

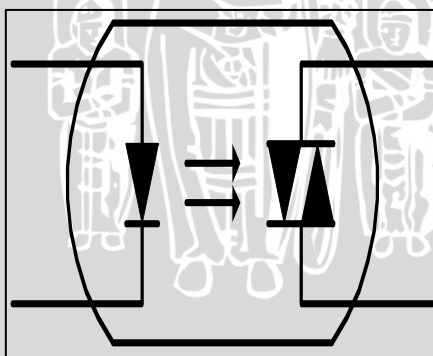
2. Nilai  $V_{BRF}$  ini dapat dikontrol dengan merubah besarnya arus gerbang  $I_G$ , sehingga memberikan kemampuan pada triac untuk mengontrol arus beban yang sangat besar dengan mengatur arus gerbang yang sangat kecil.

Ketika triac di bias dengan suatu tegangan  $V/V$ , arus  $I/I$  akan tetap kecil, disebut arus penghalang maju, sampai  $V_{BRF}$  tercapai. Bila ini terjadi, arusnya akan meningkat tajam dan jatuh tegangan pada triac menjadi sangat kecil. Triac akan tetap on selama arusnya berada di atas arus penahan,  $I_H$  (*holding current*).

### 2. 6. 2. Optotriac

Optotriac adalah alat yang berguna untuk menghubungkan suatu rangkaian ke rangkaian yang lain tanpa melakukan kontak fisik secara langsung. Optotriac disebut juga isolator karena sering digunakan untuk mengisolasi hubungan dua buah rangkian secara aman.

Optotriac terdiri atas sebuah LED (*Light Emitting Dioda*) dan sebuah pendeteksi cahaya yang tersusun dalam bentuk rangkaian terintegrasi (IC) tertutup sehingga menghalangi masuknya cahaya dari luar. Kedua bagian rangkaian tidak memiliki apapun yang dipakai bersama, jadi keduanya memiliki catu daya dan pertanahan (*ground*) sendiri. Tidak ada hubungan listrik sama sekali antara keduanya. LED dapat mempengaruhi detektor namun tidak sebaliknya. Jadi sinyal melewati Optotriac hanya dalam satu arah. Simbol Optotriac ditunjukkan dalam Gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** Simbol Optotriac

Sumber : Barry Woollard, 1999 : 97

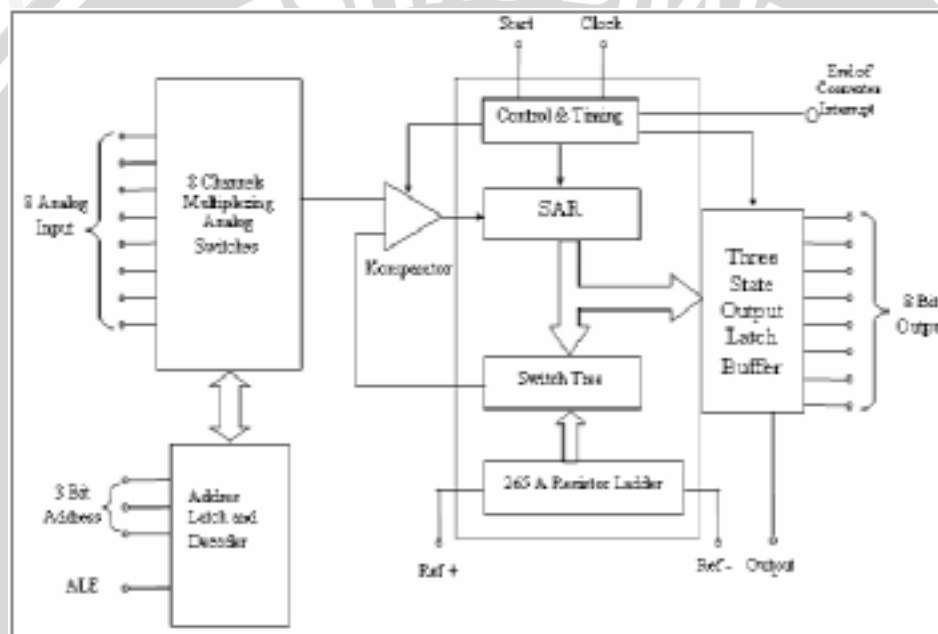
Sinyal yang melewati Optotriac tidak dapat dihalangi. Dengan kata lain optotriac ini digunakan sebagai isolator antara rangkaian masukan dan keluaran. Optotriac yang dirancang sebagai rangkaian isolator memberikan isolasi tingkat tinggi antara terminal masukan dan terminal keluaran. Keuntungan dari optotriac ini adalah sebagai berikut :

- Kecepatan operasi tinggi
- Ukuran kecil
- Tahan terhadap getaran dan benturan

Tidak mempunyai bagian bergerak yang dapat saling melekat

## 2.7. Analog To Digital conversion

ADC 0808 (*Analog to Digital Converter*) merupakan konverter analog ke digital beresolusi 8 bit, berlogika kontrol sesuai dengan mikrokontroler, menggunakan teknik pendekatan beruntun dan dilengkapi dengan multiplexer sinyal analog 8 saluran. ADC 0808 membutuhkan catu tegangan +5 Volt. Konverter ini mampu melakukan konversi selama  $\sim 100\mu\text{S}$  ketika diberikan input klok 640 KHz



Gambar 2.15 Blok diagram ADC 0808

Sumber : National Semikonduktor, 1981 : 8-60

ADC 0808 sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.15. Dapat dibagi dalam 2 bagian multiplexer dan konverter A/D. Multiplexer ini menggunakan 8 buah saklar analog agar bisa melayani 8 masukan analog. Saklar-saklar ini disambungkan secara efektif bergantung pada data yang ditahan 3 bit register alamat multiplexer. Data-data tersebut ditahan pada register multiplexer pada tepi naik sinyal ALE (*Address Latch Enable*).

Algoritma untuk pendekatan 1 bit pada metode pendekatan beruntun dieksekusi 8 kali tiap konversi, tiap kali eksekusi membutuhkan 8 periode *clock* sehingga waktu



total konversi sebesar 64 periode *clock*. Ketika siklus konversi telah selesai, data yang dihasilkan diletakkan pada penahan *output* tiga kondisi. Data pada penahan *output* ini dapat dibaca sistem di luar ADC hingga beberapa saat sebelum akhir konversi berikutnya (Sutanto, 1997: 148)

**Tabel 2.2** Saluran analog ADC 0808

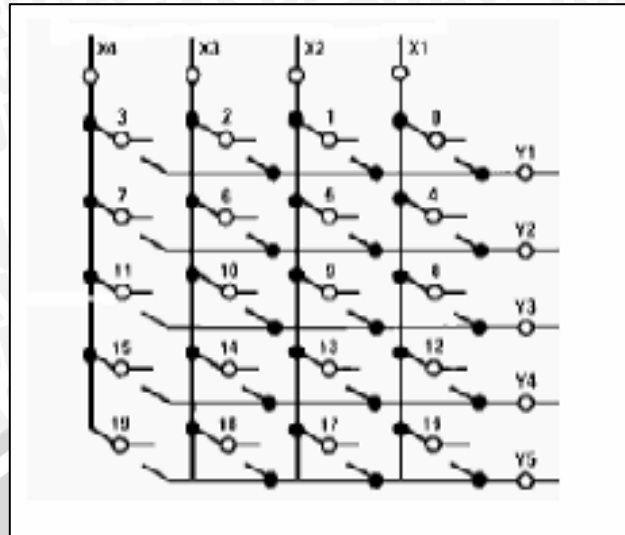
Saluran Analog Yang dipilih	Jalur Alamat		
	C	B	A
IN 0	L	L	L
IN 1	L	L	H
IN 2	L	H	L
IN 3	L	H	H
IN 4	H	L	L
IN 5	H	L	H
IN 6	H	H	L
IN 7	H	H	H

Sumber : Nasional semikonduktor, 1981 : 8-61

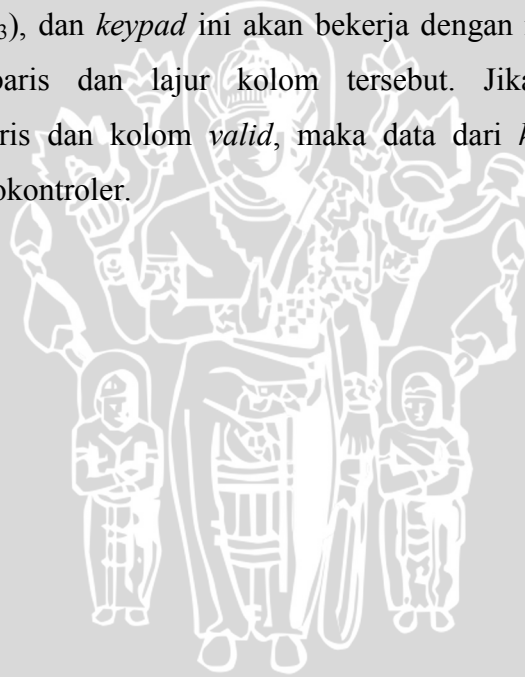
Pengendali ADC ini pertama-tama memilih saluran masukan yang diinginkan, dengan meletakkan 3 bit alamat pada pin A0, A1, A2 dan *input* ALE dipulsa positif, untuk mendetak alamat ini ke dalam register alamat multiplexer.

## 2. 8. Keypad / Papan Tombol

Tombol masukan merupakan suatu perangkat atau komponen yang memberikan masukan data melalui penekanan tombol masukan yang terdapat pada papannya. Dalam perencanaan ini, tombol masukan (*keypad*) yang digunakan adalah *keypad* matrik 4x4. *Keypad* ini berfungsi untuk memberikan masukan kepada mikrokontroler untuk melakukan operasi pengaturan manual. Prinsip kerja keypad matrik dapat dilihat dari Gambar 2. 16 ditunjukkan susunan keypad 4 x 4.



Gambar 2.16 terlihat bahwa *keypad* matrik ini terdiri atas 4 lajur baris ( $X_0$ - $X_3$ ) dan 4 lajur kolom ( $Y_0$ - $Y_3$ ), dan *keypad* ini akan bekerja dengan menggunakan prinsip *scanning* pada lajur baris dan lajur kolom tersebut. Jika terdeteksi adanya persambungan antara baris dan kolom *valid*, maka data dari *keypad* tersebut akan diterjemahkan pada mikrokontroler.



## BAB III METODOLOGI

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan alat dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan alat
2. Pembuatan alat
3. Pengujian alat
4. Pengambilan kesimpulan

### 3.1. Perencanaan Alat

Perencanaan untuk dispenser ini meliputi:

#### 1. Penentuan spesifikasi alat.

Dispenser dibuat ini mempunyai spesifikasi teknis sebagai berikut:

- a. Menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai komponen utama rangkaian kontrol.
- b. Sensor suhu LM35 yang disetting untuk beroperasi pada suhu 5 °C - 90 °C.
- c. ADC 0808 sebagai pengkonversi sinyal analog ke digital.
- d. LCD sebagai tampilan suhu panas dan dingin pada dispenser
- e. Heater.
- f. Cooler.

#### 2. Perencanaan perangkat keras.

Perencanaan perangkat keras meliputi:

- a. Perencanaan rangkaian mekanik dan,
- b. Perencanaan rangkaian elektronika.

Rangkaian mekanik yang akan dibuat terdiri dari susunan komponen yang membentuk sebuah dispenser yang dapat mengontrol suhu secara otomatis.

Sedangkan dalam perencanaan rangkaian elektronika dimulai dengan pembuatan diagram blok sistem kendali dan diagram blok sistem alat secara keseluruhan. Setiap bagian dari blok diagram kemudian dianalisa, diperhitungkan dan dilakukan perencanaan berdasarkan fungsinya masing-masing dengan mengacu pada spesifikasi keseluruhan yang telah ditentukan. Di samping itu juga perlu dipertimbangkan tentang pemilihan komponen penyusun sistem alat sesuai dengan yang tersedia di pasaran dan karakteristik setiap komponen.



Proses perencanaan perangkat keras ini perlu dilakukan dengan seksama dalam hal perhitungan nilai komponen tertentu, juga alur logika antar komponen. Selain itu penentuan konfigurasi penggunaan port pada masing-masing komponen *interfacing* berhubungan dengan proses pembuatan dan perencanaan perangkat lunak.

### 3. Perencanaan diagram alir perangkat lunak mikrokontroler.

Perencanaan perangkat lunak dimulai dengan membuat aturan-aturan (*rules*) yang berbentuk IF-THEN yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) program. Hal ini didasarkan dengan apa yang harus dilakukan oleh perangkat keras secara otomatis pada kondisi tertentu, diantaranya proses inisialisasi, pendeteksian suhu oleh sensor suhu LM35. Penyimpanan dan pengambilan data, perangkat lunak menggunakan bahasa *assembler* yang kompatibel dengan keluarga MCS-51. Pembuatan perangkat lunak harus melalui proses uji coba baik secara *software* maupun *hardware*.

#### 3.2. Pengujian Alat

Untuk mengetahui injuk kerja alat yang di rancang, apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian rangkaian akan diuji pada masing-masing blok dan secara keseluruhan. Pengujian antara lain berupa pengukuran tegangan, dan arus sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan serta pengujian kerja mesing-maseng blok. Setelah masing-masing blok bekerja, dilakukan pengujian keseluruhan sistem dengan memberikan data-data masukan.

#### 3.3. Pengambilan Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian alat dan melihat unjuk kerja sistem secara keseluruhan dan kemudian dibandingkan dengan spesifikasi sistem yang ditetapkan maka dapat ditarik kesimpulan apakah sistem telah sesuai dengan yang diharapkan atau belum

## BAB IV

### PERENCANAAN DAN PEREALISASIAN ALAT

Pada bab ini akan menjelaskan tentang proses perancangan dan pembuatan sistem pengaturan suhu pada dispenser. Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram sistem agar dapat bekerja sesuai dengan perencanaan sistem secara keseluruhan.

Perancangan sistem pengaturan suhu pada pemanas dan pendingin pada dispenser terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras meliputi rangkaian sensor suhu, rangkaian sensor ketinggian air, rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian *Analog to Digital Converter* (ADC), sistem mikrokontroler AT89S51, rangkaian driver pemanas dan pendingin, *seven* segmen berfungsi menampilkan suhu yang terdeteksi..

Masalah utama yang akan dibahas adalah perancangan dan pembuatan alat yang mampu menjaga suhu panas dan dingin air pada dispenser. Dengan menggunakan metode *kontrol logika fuzzy*, range suhu yang digunakan antara  $5^{\circ}\text{C}$  –  $90^{\circ}\text{C}$  dengan suhu pada pemanas berkisar antar  $27^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $90^{\circ}\text{C}$  dan suhu pada pendingin berkisar antara  $27^{\circ}\text{C}$  sampai  $5^{\circ}\text{C}$ . Pada sensor suhu akan membaca keadaan suhu pada pemanas dan pendingin dan memberikan masukan pada mikrokontroler. *Kontrol logika fuzzy* yang digunakan sebagai pengendali utama akan dikonversi kedalam bentuk bahasa assembler dan akan diterapkan pada mikrokontroler AT89S51.

#### 4. 1. Penentuan Spesifikasi Alat

Sistem pengendali suhu pada dispenser yang akan dibuat ini mempunyai spesifikasi teknis sebagai berikut:

- a. Kontroler yang digunakan adalah *kontrol logika fuzzy*.
- b. Menggunakan mikrokontroler AT89S51 sebagai komponen utama rangkaian kontrol.
- c. Menggunakan 2 buah sensor suhu yaitu sensor suhu pemanas dan pendingin dan 1 buah sensor ketinggian air.
- d. Komponen ADC yang digunakan adalah ADC 0808.
- e. Keluaran sistem kontrol merupakan duty cycle untuk pengendali pemanas dan pendingin.

## 4.2. Diagram Blok

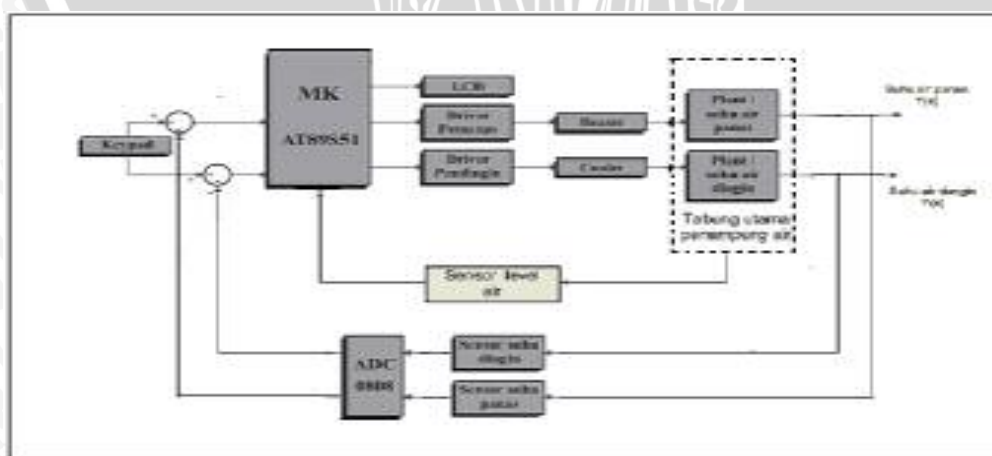
Penjelasan umum tentang bagaimana alat pengendali suhu pada dispenser ini akan bekerja, akan memudahkan langkah dalam proses pembuatan diagram blok. Pada skripsi ini, direncanakan sebuah dispenser yang dapat mengendalikan suhu panas dan dingin secara otomatis menggunakan *kontrol logika fuzzy*. Suhu dingin yang diinginkan antara  $5^{\circ}\text{C}$  sampai  $27^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada suhu panas yang diinginkan berkisar antara  $27^{\circ}\text{C}$  sampai  $90^{\circ}\text{C}$ . Pada dispenser ini menggunakan 2 sensor suhu yaitu sensor pemanas dan sensor pendingin serta menggunakan 1 sensor ketinggian air. Mikrokontroler AT89S51 akan membaca masukan dari sensor panas dan dingin serta sensor ketinggian air. Data yang didapat akan diolah oleh program yang ada di dalam mikrokontroler AT89S51 untuk memberikan keluaran yang diinginkan. Keluaran pada sistem ini berupa pendingin dan pemanas. Pada sensor ketinggian air hanya berfungsi sebagai saklar otomatis yang hanya untuk mendeteksi ada atau tidak air dalam tabung utama di dalam dispenser.

Selanjutnya untuk mempermudah perencanaan perangkat keras dan perangkat lunak perlu dibuat beberapa diagram blok, yaitu :

1. Perancangan Perangkat Keras.
2. Perancangan Kontroler Logika Fuzzy.

### 4.2.1. Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok sistem kendali dispenser yang dirancang, menggambarkan secara umum bagaimana bentuk sistem pengendali yang akan berlaku pada dispenser tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram Sistem Kendali Suhu

Sumber. Perancangan

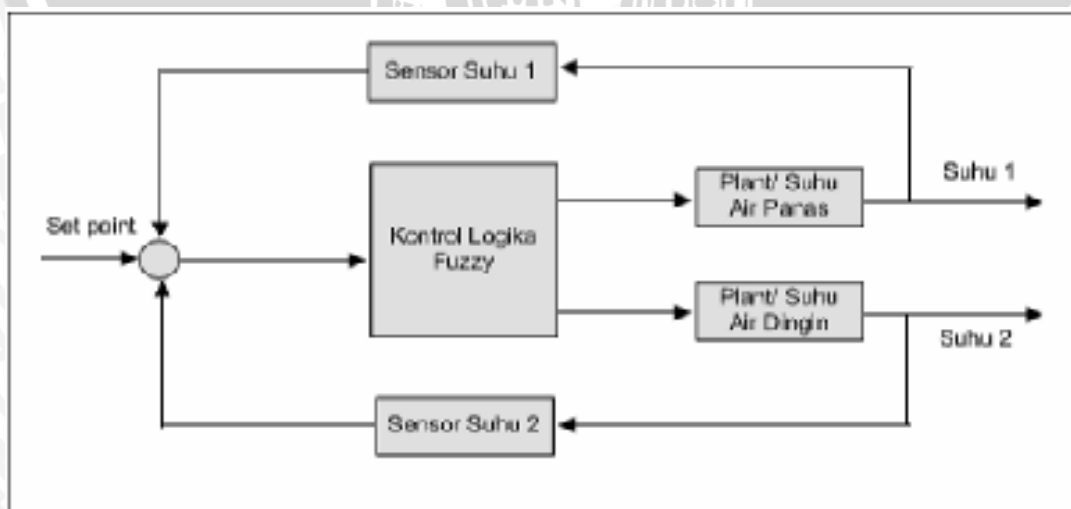
#### 4.2.2. Prinsip Kerja

Cara kerja alat ini mengatur suhu yang kita inginkan pada dispenser dengan mikrokontroler AT89S51 secara garis besar sebagai berikut:

Untuk mengatur semua operasi dari rangkaian maka digunakan mikrokontroler AT89S51. Adapun masukan data yang harus ditangani oleh mikrokontroler ini yaitu: masukan data dari sensor suhu, masukan data dari sensor ketinggian air, dan masukan dari keypad. Apabila sensor suhu telah mendeteksi adanya perubahan suhu pada pemanas dan pendingin maka data keluaran dari data sensor suhu akan dikirim ke mikrokontroler. Sebelum data tersebut dikirim ke mikrokontroler, sinyal keluaran dari sensor tersebut dimasukkan ke ADC untuk dikonversikan ke digital. Setelah sinyal sudah dikonversikan ke digital maka data dari sensor suhu tersebut akan diterima oleh mikrokontroler untuk diolah dan ditampilkan pada layar LCD dan data ini akan digunakan oleh mikrokontroler untuk membandingkan dengan data suhu yang diinginkan oleh konsumen. Apabila data suhu dari sensor suhu dengan data suhu yang diinginkan sama, maka mikrokontroler akan mengatur suhu tersebut tetap pada kondisi suhu yang diinginkan.

Masukan data dari sensor ketinggian air digunakan oleh mikrokontroler untuk mematikan semua sistem dari pemanas dan pendingin, sehingga bila air telah habis maka seluruh sistem akan mati sampai air didalam galon terisi kembali. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga kondisi komponen dari heater dan cooler agar tidak cepat rusak.

#### 4.2.3. Perancangan Kontroller Logika Fuzzy



**Gambar 4.2.** Konfigurasi Dasar Kontrol Logika Fuzzy

Sumber . Perancangan

Tahap-tahap dalam Kontrol Logika Fuzzy adalah sebagai berikut :

1. menentukan variable masukan dan variable keluaran.

Variabel masukan untuk *kontroler logika fuzzy* adalah Error dan untuk variabel keluaran adalah  $\Delta Output$ .

Dimana :

$$Err(n) = SP(n) - PV(n)$$

$$Output(n) = Output(n-1) + \Delta Output$$

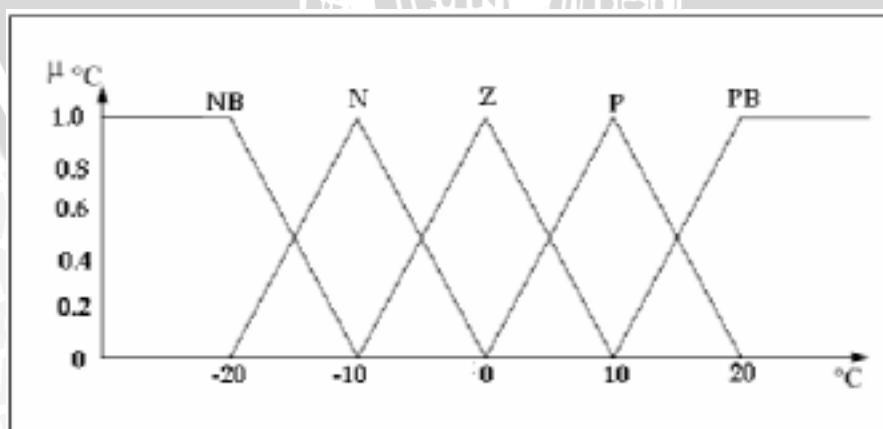
2. menentukan jenis fungsi keanggotaan (*membershipfunction*) masukan dan keluaran serta nilai label.

Fungsi keanggotaan masukan berbentuk segitiga trapesium sedangkan untuk fungsi keanggotaan keluaran berbentuk segitiga trapesium.

Fungsi keanggotaan untuk Error untuk suhu pemanas ada 5 label yaitu NB (negative big), N (negative), Z (zero), P (positive), PB (positive big). Untuk fungsi Error ditunjukkan pada **Gambar 4.3** dan untuk suhu pendingin ada 3 label yaitu N (negatif), Z (zero), P (positif). Untuk fungsi Error ditunjukkan pada **Gambar 4.5**.

3. *Fuzzifikasi*

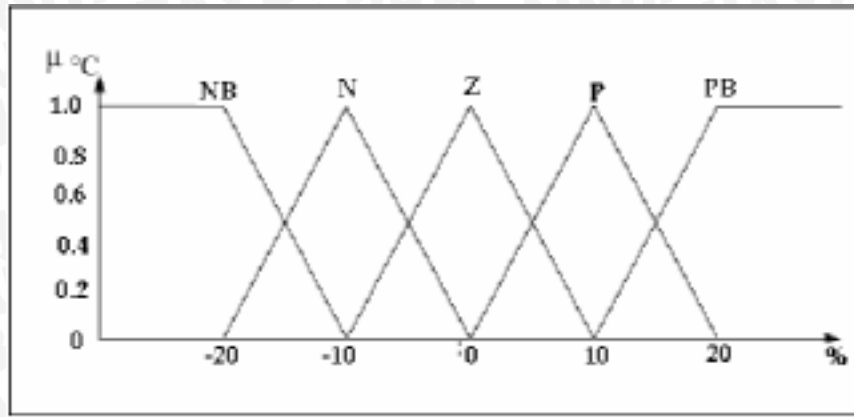
*Fuzzifikasi* adalah proses pengubahan nilai masukan (*crisp input*) menjadi input fuzzy. Pada suhu pemanas label input dibagi menjadi 5 bagian yaitu NB (negative big), N (negative), Z (zero), P (positive), PB (positive big). Seperti ditunjukkan dalam **Gambar 4.4** dan untuk suhu pendingin label input dibagi menjadi 3 bagian yaitu N (negative), Z (zero), P (positive). Seperti ditunjukkan dalam **Gambar 4.6**.



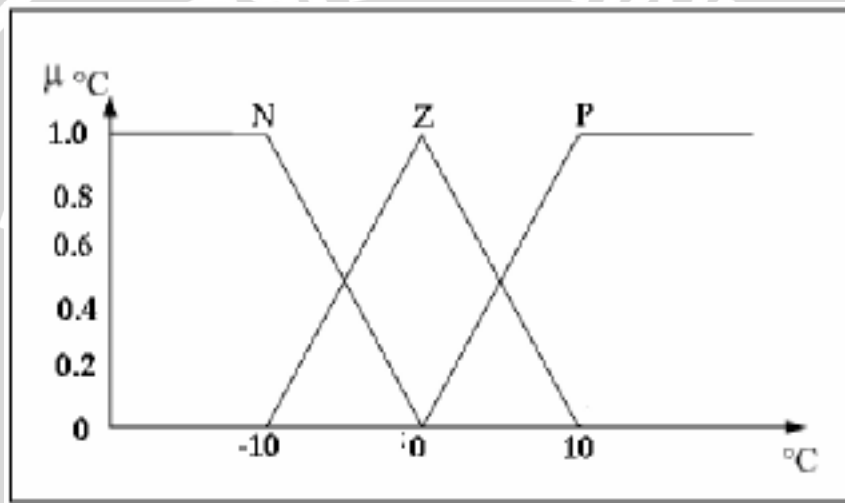
**Gambar 4.3** fungsi keanggotaan *Crisp Input Error* suhu pemanas

Sumber. Perancangan



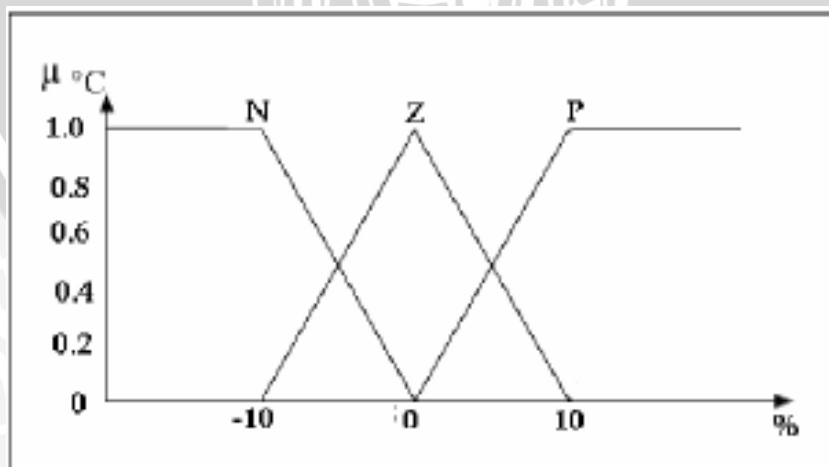


Gambar 4.4 Fungsi Keanggotaan Crisp Output Pemanas



Gambar 4.5 fungsi keanggotaan Crisp Input Error suhu pendingin

Sumber: Perancangan



Gambar 4.6 Fungsi Keanggotaan Crisp Output Pendingin

#### 4. Kaidah aturan *kontrol logika fuzzy*

Kaidah aturan *kontrol logika fuzzy* didasarkan pada pengalaman dan dalam bentuk jika-maka. Setelah *crisp input* diubah menjadi *input fuzzy*, selanjutnya diolah sesuai kaidah aturannya. Karena terdapat dua pengendalian, maka terdapat dua kaidah aturan *kontroler logika fuzzy*.

Metode penalaran fuzzy yang dipergunakan *kontroler logika fuzzy* adalah metode Min-Max.

**Tabel 4.1** Kaidah aturan pemanas

IF	THEN
NB	NB
N	N
Z	Z
P	P
PB	PB

**Tabel 4.2** Kaidah aturan pendingin

IF	THEN
N	N
Z	Z
P	P

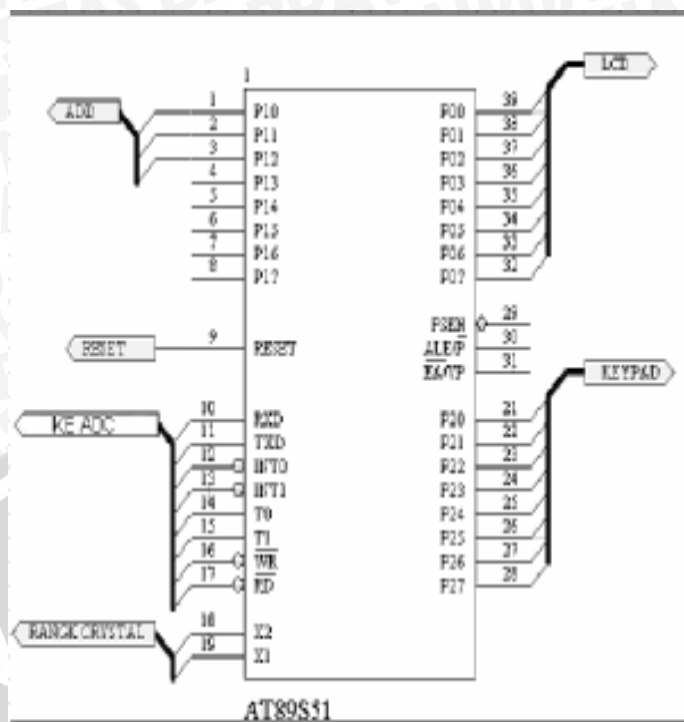
#### 5. Defuzzyfikasi

*Defuzzyfikasi* adalah proses untuk mengubah *output fuzzy* menjadi *crisp output*. Hasil defuzzyfikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besaran tegangan pada aktuator. Metode defuzzyfikasi yang digunakan adalah COA (*Center Of Area*).

### 4.3. Perencanaan Rangkaian Kontrol Elektronika.

#### 4.3.1 Rangkaian Mikrokontroler AT89S51.

Komponen utama rangkaian kontrol dalam perancangan ini adalah menggunakan AT89S51 dalam kemasan *Dual In Package* (DIP) yang memiliki kaki sebanyak 40 buah, terdiri dari 4 *port input / output* yang dapat diprogram dan beberapa kaki yang mempunyai fungsi khusus. Seperti ditunjukkan dalam **Gambar 4.7**



Gambar 4.7. Rangkaian mikrokontroler AT89S51

Untuk merancang sistem mikrokontroler perlu dirancang beberapa rangkaian pendukung dan penentuan *port* mikrokontroler untuk masukan dan keluaran. Rangkaian yang mendukung mikrokontroler ada dua, yaitu rangkaian *crystal* dan rangkaian *reset*.

Sedangkan pemilihan besaran frekuensi kristal disesuaikan dengan spesifikasi pada lembaran *datasheet* dengan kebutuhan kecepatan program. Dengan memakai frekuensi kristal sebesar 12 MHz maka 1 siklus mesin membutuhkan waktu selama  $1/12 \times 12$  periode atau mikrodetik.

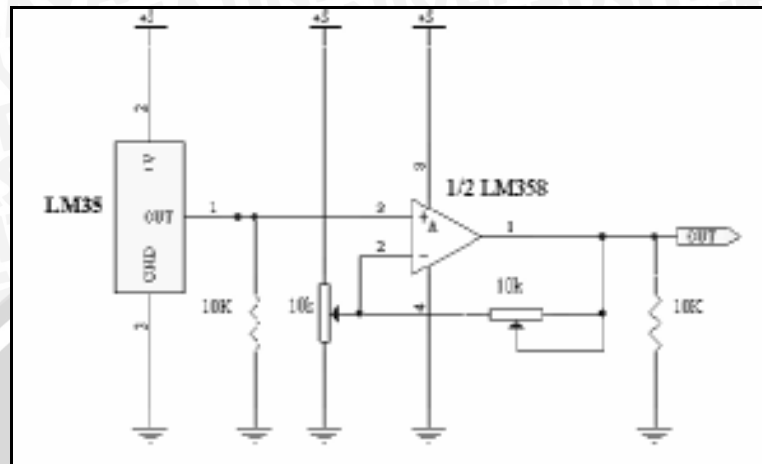
Untuk *me-reset* mikrokontroler AT89S51, pin RST harus diberi logika tinggi selama sekurang-kurangnya 2 siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset sebuah kapasitor dihubungkan dengan  $V_{cc}$  dan sebuah resistor dihubungkan dengan *ground*. Di antara kapasitor, dipasang saklar *push on* untuk membangkitkan sinyal reset secara manual.

#### 4.3.2. Rangkaian Sensor Suhu

Dalam perancangan alat ini digunakan IC LM35 keluaran national semikonduktor sebagai sensor suhu dengan pertimbangan antara lain kesederhanaan rangkaian, keluaran suhu langsung dalam satuan derajat celsius serta mudah digunakan dan merupakan sensor yang paling banyak beredar di pasaran.

Rangkaian sensor suhu ini sebenarnya untuk mendeteksi keadaan suhu air dispenser. Dalam perancangan ini, keadaan suhu yang diinginkan pada dispenser adalah

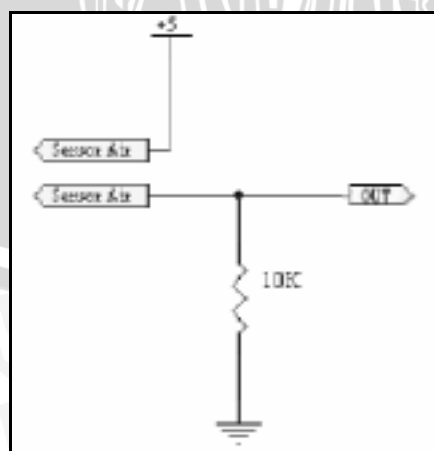
$5^{\circ}\text{C}$ - $90^{\circ}\text{C}$ . karena itu sensor yang dipasang harus memiliki ketetapan suhu yang mencakup suhu seperti yang di atas yaitu berkisar antara  $5^{\circ}\text{C}$  –  $90^{\circ}\text{C}$ . untuk itu digunakan sensor suhu LM35. Seperti ditunjukkan dalam **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 Rangkaian sensor Suhu LM35

#### 4.3.3. Rangkaian Sensor Ketinggian Air

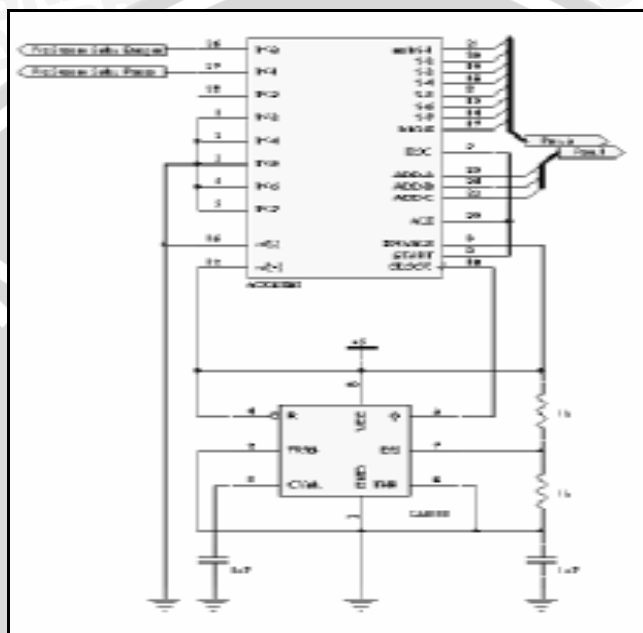
Sensor Ketinggian Air terdiri dari 2 buah logam, logam 1 terhubung langsung ke tegangan 5 volt dan logam 2 terhubung ke input Mikrokontroler AT89S51. Letak sensor ini terdapat dibagian filter dispenser, yaitu pada keluar dan masuknya air. Sensor ini memanfaatkan air yang bersifat konduktor (penghantar). Pada saat air penuh atau masih ada maka logam 1 dan logam 2 akan terhubung, sehingga Mikrokontroler membaca kondisi tersebut, air yang ada dalam dispenser masih ada. Sedangkan pada saat air habis maka logam 1 dan logam 2 tidak terhubung. Maka Mikrokontroler membaca kondisi tersebut, air yang ada dalam dispenser habis. Gambar Rangkaian sensor Ketinggian Air dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.9 Rangkaian sensor Ketinggian Air

#### 4.3.4. Analog To Digital Conversion ( ADC 0808 )

Untuk dapat diproses oleh mikrokontroler, sinyal harus dalam bentuk digital. Untuk itu sinyal dari sensor suhu setelah diperkuat harus diinversikan terlebih dahulu menjadi bentuk digital dengan rangkaian converter yang digunakan adalah ADC 0808. Alasan penggunaan komponen ini karena ADC 0808 memiliki 8 bit masukan dan 8 bit keluaran sehingga mempermudah dan pengembangan dari alat ini. **Gambar 4. 10** adalah kaki – kaki ADC 0808.



**Gambar 4. 10** kaki – kaki pada ADC 0808

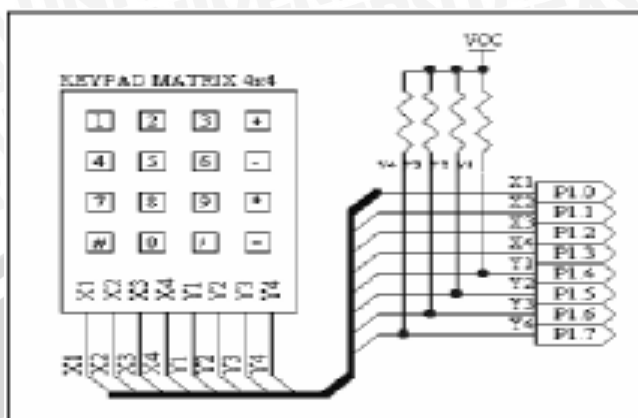
#### 4.3.5. Rangkaian tombol masukan (*Keypad*)

*Keypad* sering digunakan sebagai media masukan dalam berbagai aplikasi elektronik. Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab sebelumnya bahwa *keypad* ini bekerja dengan metode matrik di mana keluaran yang dihasilkan merupakan kombinasi dari baris dan kolom dari tombol yang ditekan.

Pada bagian belakang dari *keypad* terdapat delapan buah pin yang berfungsi sebagai keluaran dari *keypad* tersebut. Delapan buah pin ini terdiri dari 4 buah pin yang menunjukkan kolom dari tombol yang ditekan dan 4 buah pin terhubung ke *resistor pull up* menunjukkan baris dari tombol yang ditekan.

Masalah-masalah yang sering timbul dengan digunakannya *keypad* jenis ini adalah dengan adanya *bouncing*. Dengan adanya *bouncing*, maka tombol yang ditekan sekali, akan terdeteksi berulang kali. *Bouncing* ini dapat diatasi dalam pemrograman dengan memberikan jeda waktu atau delay beberapa saat sebelum data benar-benar dimasukkan ke dalam mikrokontroler untuk diolah. Tujuan pemberian jeda waktu ini

untuk memberi kesempatan agar benar-benar terjadi kontak antar ujung baris dan kolom dari tombol yang ditekan dengan resistor pull up. Gambar antarmuka *keypad* matrik 4x4 dengan mikrokontroler AT89S51 dapat dilihat pada **Gambar 4.11**



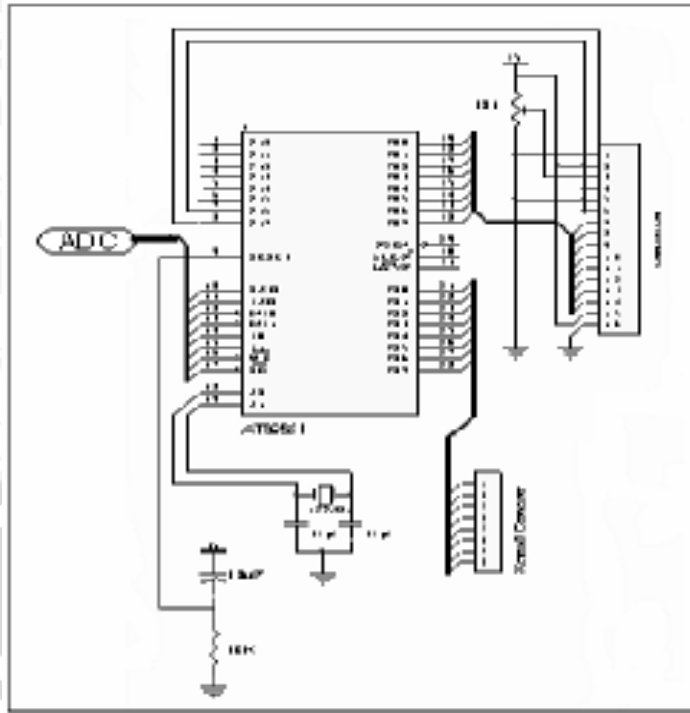
**Gambar 4.11** Rangkaian *Keypad*

Sumber: Perancangan

Prosedur untuk pembacaan *keypad* dilakukan dengan teknik *compare* atau membandingkan data. Data yang dimasukkan melalui *keypad* dibandingkan dengan data yang tersimpan di dalam mikrokontroler. Apabila ada yang sesuai maka mikrokontroler akan melakukan instruksi sesuai dengan data yang dimasukkan dari *keypad*. Data yang sah, yang akan diolah oleh mikrokontroler adalah data yang diambil setelah diadakan pemanggilan sub program *delay* untuk mengatasi *bouncing*. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data yang ada di mikrokontroler dan apabila ada yang sesuai maka mikrokontroler akan memproses data tersebut. Apabila data pada akumulator tidak ada yang sesuai dengan data pada mikrokontroler maka akan diulang kembali proses pemasukan data dari *port 2* ke akumulator.

#### 4.3.6. Perancangan Liquid Crystal Display (LCD)

Dalam aplikasi ini menggunakan sebuah layar LCD (*Liquid Crystal Display*) yaitu sejenis *seiko instrumen* M162ABC yang merupakan LCD dua baris dengan setiap baris terdiri dari 16 karakter. Gambar hubungan antara LCD dan mikrokontroler dapat dilihat dalam **Gambar 4.12**



**Gambar 4.12** Antarmuka LCD dengan mikrokontroler AT89S51

Sumber: Perancangan

LCD dot matrik ini membutuhkan sepuluh buah pin masukan / keluaran dari mikrokontroler dan IC 74LS164, adapun dua buah pin yakni port 1.0 pada penyemat RS yang digunakan sebagai sinyal pemilih register dan port 1.1 pada penyemat Enable digunakan sebagai sinyal awal. Sinyal enable ini mangaktifkan data tulis atau baca oleh mikrokontroler, penyemat DB0-DB7 yang dihubungkan ke data IC 74LS164 digunakan untuk menampilkan karakter yang dikehendaki oleh mikrokontroler. Ketika terdapat data pada jalur data, data tersebut akan ditahan dengan memberikan *clock* pin E pada LCD. Pin RS menentukan apakah data yang ditahan akan digunakan sebagai instruksi untuk mengatur *setting* tampilan pada LCD atau sebagai kode karakter yang diperlukan LCD untuk menampilkan suatu karakter. Sedangkan untuk pin R / W pada LCD dihubungkan ke *ground* karena dalam hal ini LCD hanya melakukan write atau operasi penampilan karakter.

Untuk pin Vcc pada LCD dihubungkan ke supply +Vcc dan Vss dihubungkan ke *ground*. Pin V<sub>EE</sub> beserta pin Vcc dan Vss dihubungkan ke trimer potensio atau kadang disebut sebagai *trimpot*. *Trimpot* ini digunakan untuk mengatur kontras dari tampilan LCD dengan cara mengubah tegangan pada pin V<sub>EE</sub>. Daftar tabel fungsi penyemat pada LCD dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3. Fungsi penyemat LCD

Penyemat	Fungsi
<b>DB0 – DB7</b>	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD.
<b>Enable</b>	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca.
<b>R/W</b>	Sinyal seleksi tulis atau baca 0: tulis 1: baca
<b>RS</b>	Sinyal pemilih register 0: masukan data 1: masukan instruksi

Sumber: EL-TECH Electronics; LCD Modul User Manual 1987: 2

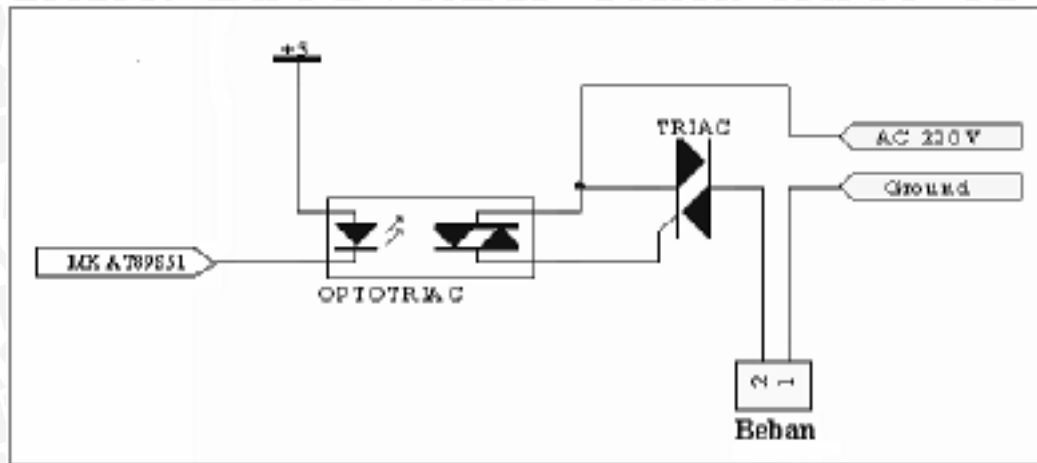
Seperti telah disebutkan bahwa data yang terdapat pada jalur selain dianggap sebagai kode karakter dapat digunakan sebagai suatu perintah instruksi untuk mengatur *setting* tampilan LCD. Cara pemakaian data antara sebagai intruksi dengan kode karakter berbeda. Perbedaan hanyalah keadaan pin RS ketika data yang ada pada jalur data ditahan oleh LCD.

#### 4.3.7. Rangkaian Driver

Rangkaian penghubung antara rangkaian mikrokontroler dengan pemanas (*heater*) dan pendingin (*Cooler*) dibutuhkannya rangkaian *driver* (kemudi). Rangkaian tersebut adalah optotriac, dan triac. Perancangan rangkaian *driver* pemanas ini dapat dilihat dalam **Gambar 4.13**.

Opiotriac yang digunakan adalah optotriac MOC 3021, yang berguna sebagai *coupler* dan isolator antara rangkaian mikrokontroler dengan triac atau sebagai rangkaian pengaman di dalam sistem ini dan triac Q4008LTH difungsikan untuk saklar pemanas dan pendingin air .





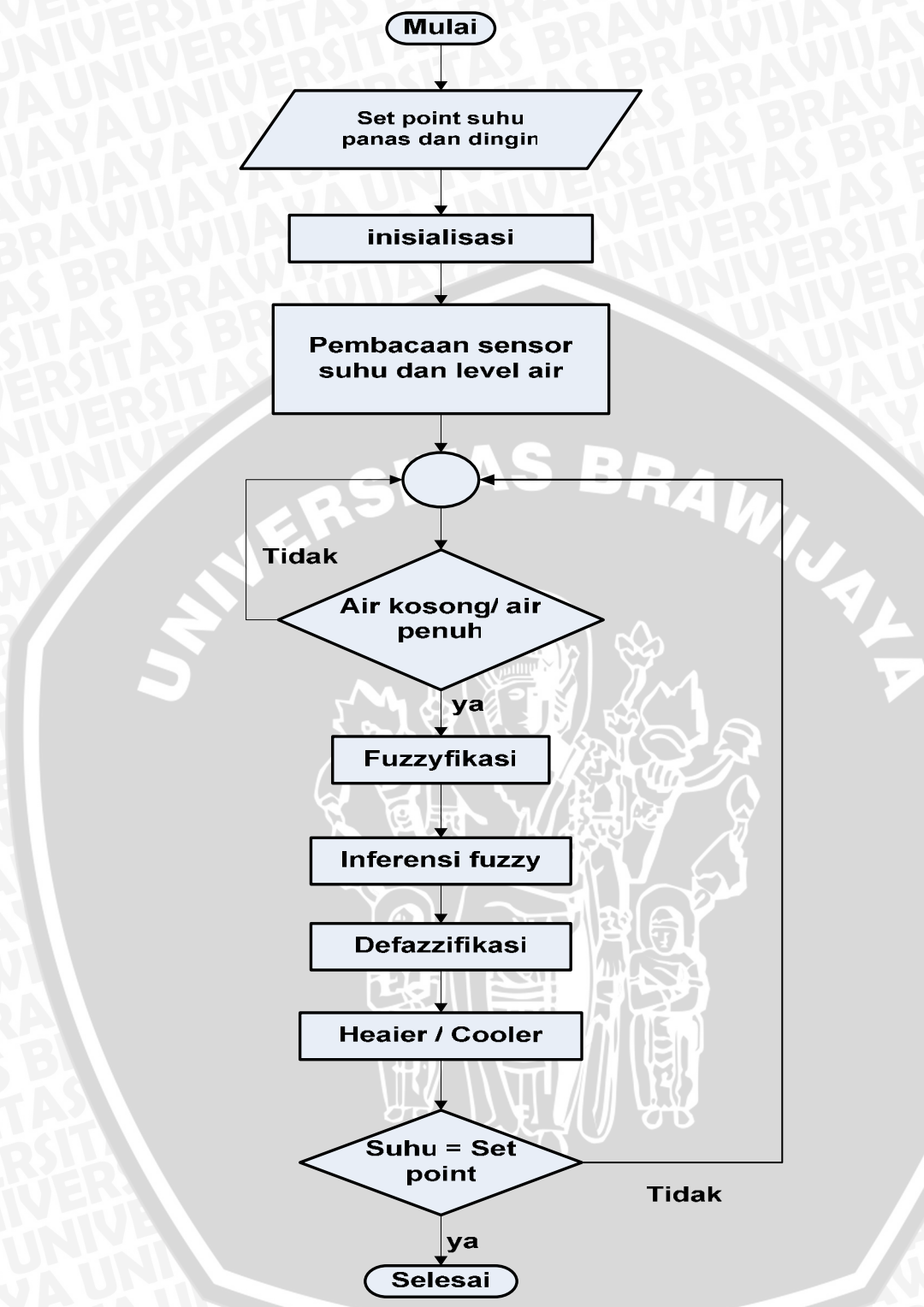
Gambar 4.13 rangkaian driver

Optotriac digunakan untuk pemecuan triac dan juga untuk mengisolasi mikrokontroler dengan pemanas dan pendingin yang menggunakan jala-jala 220V, frekuensi 50Hz. Optotriac akan memicu triac on apabila mendapatkan pulsa logika tinggi dari mikrokontroler AT89S51 yaitu 5V. Selanjutnya triac akan off apabila optotriac mendapatkan pulsa logika rendah dari mikrokontroler AT89S51 yaitu 0V.

#### 4.4. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk pengandali *suhu dispenser* dengan Fuzzy Logic Control ini direncanakan terdiri dari program berbasis *knowledge base* dan *program berbasis data base*.

Program berbasis *knowledge base* ini maksudnya adalah program yang bertujuan agar *dispenser* bekerja sesuai dengan *rule* yang sudah ditentukan berdasarkan aturan-aturan yang ada di dalam basis pengetahuan. Secara garis besar diagram alir (*flowchart*) sub sistem *Fuzzy Logic Control* **Gambar 4.14**.



Gambar 4. 14. Diagram Aliran Program Utama

## BAB V

### PENGUJIAN ALAT

#### 5.1. Umum

Bab ini membahas pengujian dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengujian bertujuan untuk mengamati hasil perancangan dan pembuatan alat yang telah dibahas dalam bab IV. Pengujian yang dilakukan meliputi perangkat keras, perangkat lunak dan sistem secara keseluruhan. Pengujian perangkat dilakukan dengan membandingkan antara hasil yang diproses oleh program dengan hasil yang diperoleh secara perhitungan manual.

Pengujian dilakukan pada tiap-tiap blok, diantaranya:

- Pengujian rangkaian sensor suhu LM35
- Pengujian rangkaian ADC 0808
- Pengujian sistem secara keseluruhan

#### 5.2. Pengujian Sensor suhu

##### a. Tujuan

Pengujian rangkaian sensor suhu yang menggunakan LM35 bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan suhu pada tabung air yaitu dengan mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan pada sensor suhu baik maka setiap perubahan  $1^{\circ}\text{C}$  keluaran sensor akan berubah  $\pm 10\text{mV}$ .

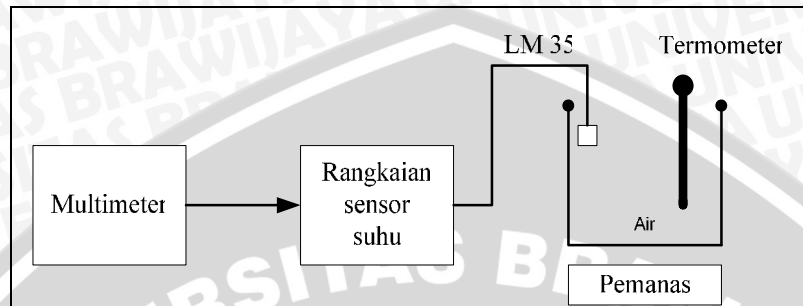
##### b. Peralatan pengujian

- Heater
- Cooler
- Termometer Digital
- Catu daya
- Multimeter Digital

##### c. Langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian
- Memasukkan sensor suhu ke dalam bejana berisi air yang telah dipanaskan atau yang telah didinginkan.
- Memasukkan termometer ke dalam gelas untuk mengetahui pembacaan suhu.

- Menaikkan suhu air dengan cara memanaskan atau mendinginkan.
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital.
- Pengukuran suhu mulai dari suhu 5<sup>0</sup>C-27<sup>0</sup>C untuk suhu dingin dan untuk suhu panas antara 27<sup>0</sup>C-90<sup>0</sup>C dengan kenaikan tiap 1<sup>0</sup>C
- Memasukkan hasil pengujian ke dalam Tabel 5.1.



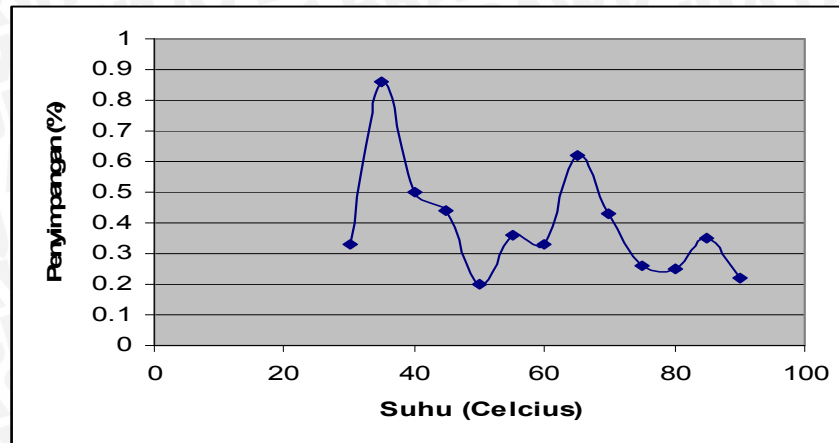
Gambar 5. 1 Blok diagram pengujian rangkaian sensor suhu

#### d. Hasil pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor suhu ditunjukkan pada Tabel 5.1. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan nilai suhu, tegangan keluaran berdasarkan perhitungan dan besar data penyimpangan terhadap perhitungan.

Tabel 5.1 Hasil pengujian sensor suhu IC LM35

NO	Suhu (°C)	Tegangan keluaran pengukuran (mvolt)	Tegangan keluaran perhitungan (mvolt)	Penyimpangan (%)
1	30	299	300	0.33
2	35	346	350	0.86
3	40	398	400	0.50
4	45	452	450	0.44
5	50	501	500	0.20
6	55	501	550	0.36
7	60	602	600	0.33
8	65	646	650	0.62
9	70	703	700	0.43
10	75	752	750	0.26
11	80	798	800	0.25
12	85	853	850	0.35
13	90	882	880	0.22
Penyimpangan rata-rata				0.39



Gambar 5.2 Grafik pengujian penyimpangan sensor suhu

#### e. Analisis hasil pengujian

Dalam Tabel 5.1 bisa dilihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan suhu adalah linier dan sesuai dengan spesifikasi sensor suhu tersebut. Persentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan dalam perancangan bisa dihitung dengan:

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \frac{|V_o \text{ perhitungan} - V_o \text{ pengukuran}|}{V_o \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

Dari prosentase penyimpangan didapatkan sebesar: 0.39%

### 5.3. Pengujian Rangkaian ADC 0808

#### a. Tujuan pengujian

Tujuan pengujian rangkaian ADC (*Analog to Digital Conversion*) ini adalah untuk mengetahui level tegangan keluaran ADC dan menguji kepresisian serta kelinieran ADC dalam mengkonversi tegangan analog ke dalam nilai digital 8 bit yang ekuivalen.

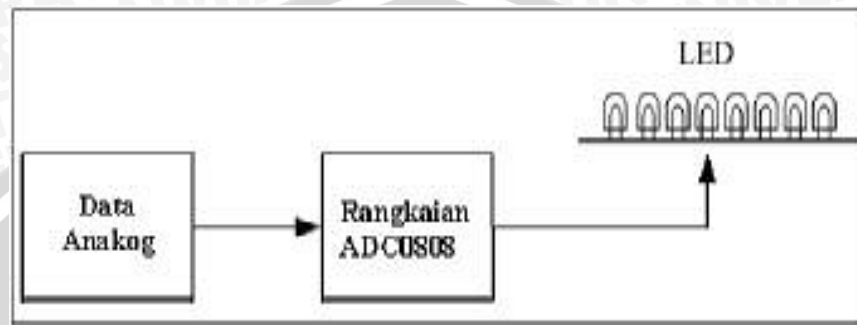
#### b. Peralatan yang digunakan

- a. Sumber tegangan DC variabel
- b. Multimeter Digital DT380B
- c. Catu daya 5 volt
- d. LED Display

#### c. Langkah-langkah Pengujiannya Sebagai Berikut :

- Menyusun rangkaian blok diagram yang ditunjukkan pada gambar 5.3.

- Menghubungkan masukan rangkaian ADC secara bergantian dari tegangan 0 Volt-5 Volt.
- Menghubungkan keluaran ADC 8 bit dengan LED peraga untuk mengetahui hasil konversi masukan analog ke bentuk keluaran digital.
- Mengamati dan mencatat hasil pengujian dengan menghasilkan nyala masing-masing LED untuk tiap-tiap masukan analog yang berbeda.



Gambar 5.3. Diagram blok pengujian rangkaian ADC 0808

#### d. Hasil Pengujian

Hasil pengujian ADC 0808 ditunjukkan dalam tabel 5.2 dari data tersebut diperlihatkan hubungan antara tegangan masukan analog dan keluaran digital ADC.

Tabel 5.2. Hasil pengujian ADC

No	Tegangan Masukan (mV)	Keluaran		Perubahan tiap bit (mV)
		Desimal	Biner	
1	200	10	0000 1010	20,00
2	400	21	0001 0101	19,05
3	600	31	0001 1111	19,35
4	800	41	0010 1001	19,51
5	1000	51	0011 0011	19,61
6	1200	61	0011 1110	19,67
7	1400	71	0011 1101	19,72
8	1600	80	0101 0000	20,00
9	1800	90	0111 1010	20,00
10	2000	103	0110 0111	19,42
Perubahan tiap bit rata-rata				19,63

#### e. Analisis hasil pengujian.

Dari Tabel 5.2 tegangan masukan dapat dibinerkan dengan ADC 0808. Nilai kesalahan menunjukkan nilai penyimpangan data digital keluaran ADC dengan nilai yang sebenarnya. Nilai kesalahan maksimum berdasarkan data yang diberikan ke ADC 0808 adalah sebesar 1 LSB.

$$\begin{aligned} \text{Resolusi 1 LSB} &= \frac{V_{\text{ref}}}{2^8 - 1} \\ &= \frac{5}{255} \\ &= 19,6 \text{ mV} \end{aligned}$$

Besarnya kesalahan perubahan tiap bit dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Prosentase penyimpangan perubahan tiap bit} &= \frac{19,63 - 19,60}{19,60} \times 100\% \\ &= 1,53\% \end{aligned}$$

Adanya kesalahan hasil konversi ADC dapat disebabkan oleh tingkat akurasi komponen ADC 0808 sebesar 1 LSB dan kesalahan dalam pengukuran.

#### 5.4. Pengujian Sistem Keseluruhan

##### a. Tujuan

Mengetahui kemampuan sistem yang dirancang dalam menjaga suhu pada nilai set point yang diinginkan, set point untuk suhu pemanas yaitu 90°C dan set point untuk suhu pendingin yaitu 5°C. Pengujian ini dilakukan menggunakan *dispenser*.

##### b. Prosedur pengujian

- Menyiapkan dispenser dan memastikan catu daya telah terpasang.
- Menghidupkan saklar catu daya dan memastikan alat telah bekerja

**Tabel 5.4** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu pemanas  
 Pada siang hari jam 14.52 dengan suhu awal 33°C dan set point 90 °C

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)
33	0	62	3.27
34	0.21	63	3.31
35	0.28	64	3.38
36	0.32	65	3.45
37	0.38	66	3.49
38	0.46	67	4
39	0.53	68	4.03
40	1	69	4.11
41	1.08	70	4.18
42	1.15	71	4.22
43	1.22	72	4.29
44	1.26	73	4.33
45	1.33	74	4.35
46	1.41	75	4.52
47	1.48	76	4.56
48	1.55	77	5.06
49	1.59	78	5.09
50	2.1	79	5.2
51	2.14	80	5.28
52	2.25	81	5.35
53	2.28	82	5.43
54	2.32	83	5.5
55	2.39	84	6.01
56	2.46	85	6.06
57	2.5	86	6.12
58	2.58	87	6.15
59	3.05	88	6.3
60	3.09	89	6.34
61	3.16	90	6.41

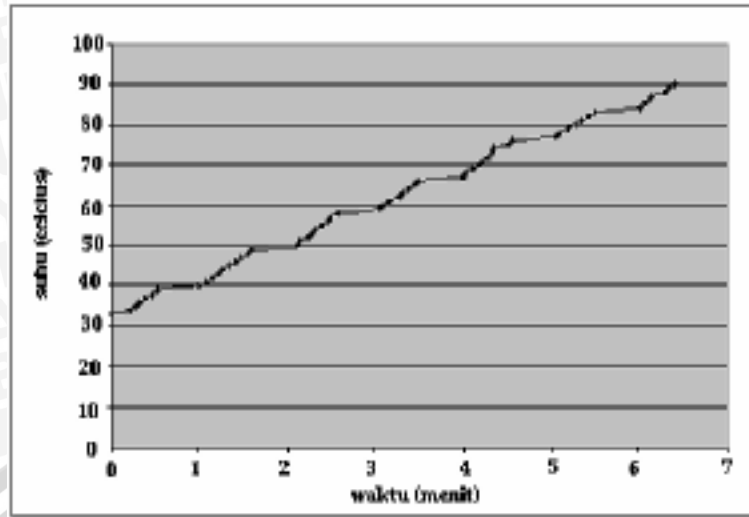


**Tabel 5.5** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu pemanas  
 Pada malam hari jam 20.05 dengan suhu awal 27°C dan set point 90 °C

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Suhu (°C)	Waktu (menit)
27	0	59	3.17
28	0.23	60	3.29
29	0.35	61	3.43
30	0.38	62	4
31	0.41	63	4.12
32	0.47	64	4.26
33	0.54	65	4.3
34	1.03	66	4.33
35	1.15	6	4.45
36	1.19	68	4.54
37	1.23	69	5.2
38	1.26	70	5.27
39	1.29	71	5.33
40	1.31	72	5.43
41	1.35	73	6.01
42	1.38	74	6.09

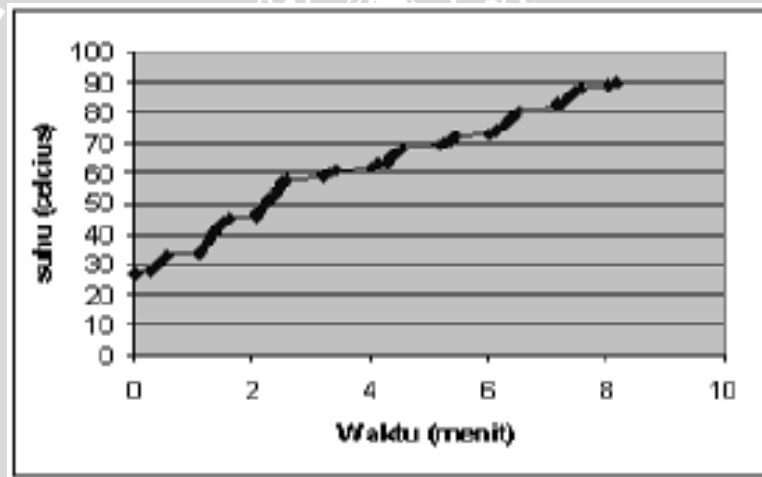
c. Hasil pengujian

Rata – rata waktu yang diperlukan untuk perubahan suhu pemanas per 1 °C adalah kurang dari 15 detik. Sesuai dengan kedua data yang diperoleh ada perbedaan waktu dan lebar range suhu pada saat suhu siang dan malam. Untuk pemanas waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan membutuhkan waktu  $\pm 6.41$  menit dilakukan pada saat siang hari dan pada saat malam hari membutuhkan waktu  $\pm 8.17$  menit. Seperti ditunjukkan pada table 5.4 dan table 5.5 diatas.



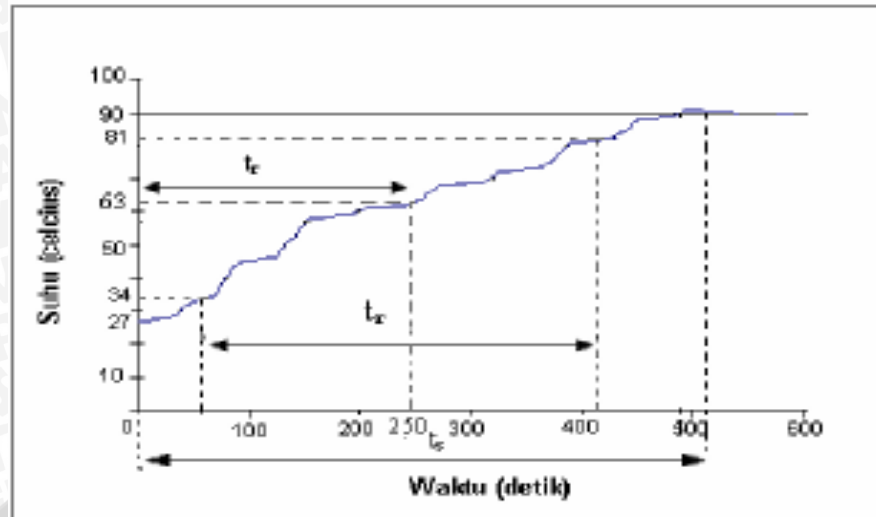
Gambar 5.4 Grafik pengujian suhu pemanas terhadap waktu pada saat siang hari

Sumber : pengujian



Gambar 5.5 Grafik pengujian suhu pemanas terhadap waktu pada saat malam hari

Sumber : pengujian



**Gambar 5.6** Grafik Hasil Pengujian Suhu pemanas dengan suhu Awal 27°C dan set point 90 °C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

1. Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 250 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 432 detik
3. Waktu turun,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 515 detik.
4. *Error steady state* adalah nilai selisih antara keluaran sistem dengan set point pada saat keadaan mantap tercapai.

$$e_{ss} = \frac{sp - pv}{sp} \times 100\%$$

$$e_{ss} = \frac{90 - 90}{90} \times 100\%$$

$$e_{ss} = 0\%$$

- $e_{ss}$  yang terjadi sebesar 0% untuk kenaikan 1°C

**Tabel 5.6** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu pendingin pada siang hari jam 13. 25 dengan suhu awal 29°C dan set point 5 °C

Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (menit)
29	0	16	21.13
28	3.4	15	22.3
27	4.57	14	24.5
26	5.24	13	26.37
25	6.54	12	28.15
24	8.28	11	30.15
23	9.4	10	31.59
22	11.14	9	33.48
21	12.39	8	36.07
20	14.2	7	38.11
19	15.56	6	40.24
18	17.41	5	42.02
17	19.31	-	-

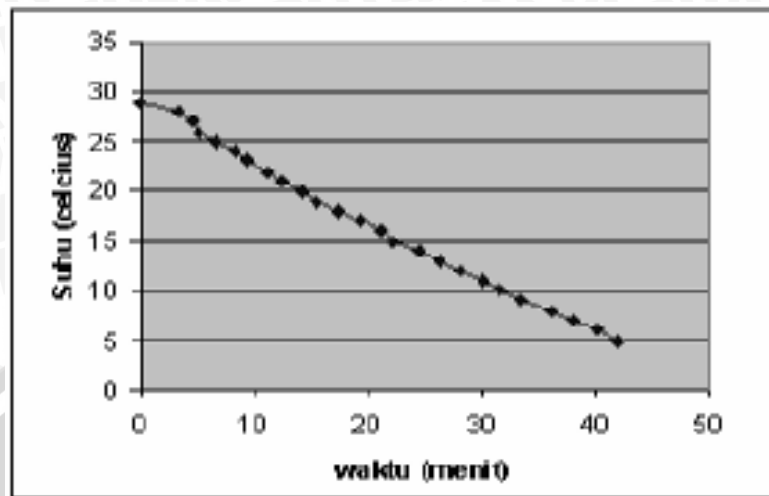
**Tabel 5.7** Hasil Pengujian untuk pengukuran sensor suhu pendingin pada malam hari jam 22.00 dengan suhu awal 26°C dan set point 5 °C

Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (menit)
26	0	15	19.31
25	2.31	14	21.13
24	4.22	13	22.3
23	5.59	12	24.5
22	6.33	11	26.37
21	7.24	10	28.15
20	9.4	9	30.15
19	11.14	8	31.59
18	12.39	7	33.48
17	14.2	6	36.07
16	15.56	5	38.47

**d.** Hasil pengujian

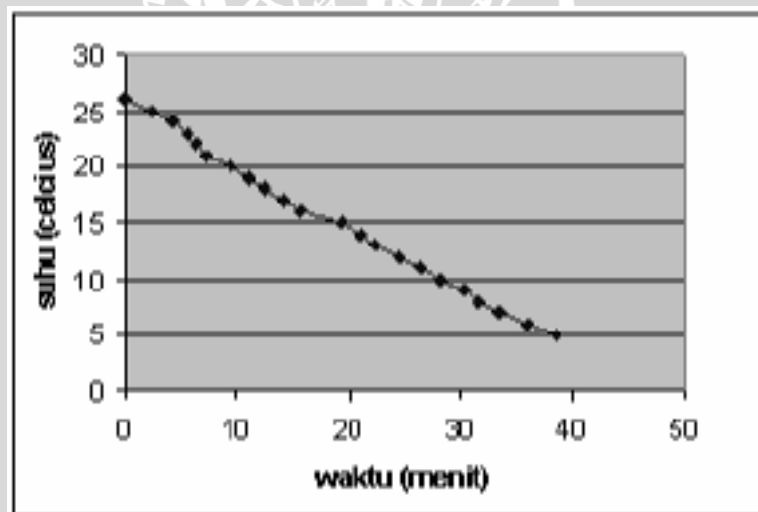
Rata – rata waktu yang diperlukan untuk perubahan suhu pendingin per 1 °C adalah kurang dari 2.44 menit. Sesuai dengan kedua data yang diperoleh ada perbedaan waktu dan lebar range suhu pada saat suhu siang dan malam. Untuk pendingin waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan membutuhkan waktu ± 42.02

menit dilakukan pada saat siang hari dan pada saat malam hari membutuhkan waktu  $\pm$  38.47menit. Seperti ditunjukkan pada table 5.6 dan tabel 5.7 diatas



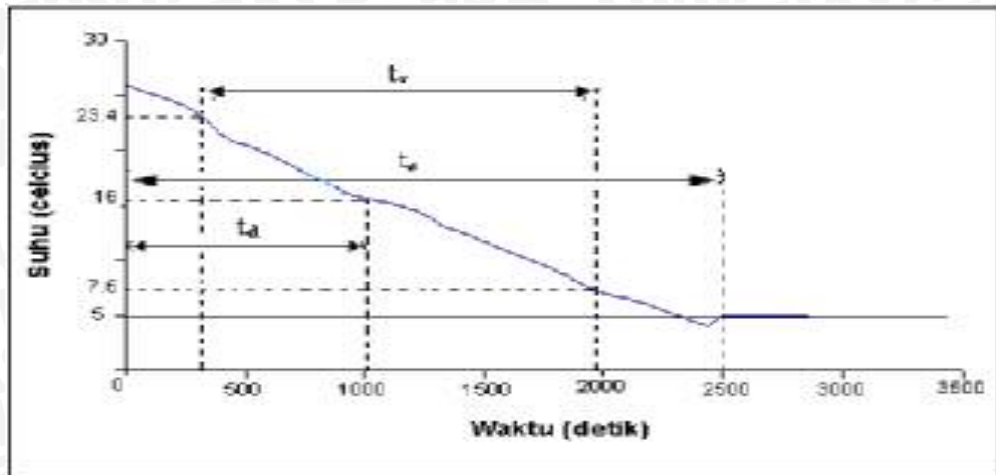
**Gambar 5.7** Grafik pengujian suhu pendingin terhadap waktu pada saat siang hari

Sumber : pengujian



**Gambar 5.8** Grafik pengujian suhu pendingin terhadap waktu pada saat malam hari

Sumber : pengujian



Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Suhu pendingin dengan suhu Awal 26°C dan set point 5 °C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

- 1 Waktu tunda,  $t_d$  : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
  - setengah nilai akhir adalah 16 °C
  - $t_d$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 933.6 detik.
2. Waktu naik,  $t_r$  : waktu yang diperlukan respon untuk naiknya dari 10 - 90 % dari harga akhirnya.
  - $t_r$  yang didapatkan dari pengujian ini adalah 1895.4 detik
3. Waktu turun,  $t_s$  : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
  - $t_s$  yang diperoleh adalah 2500 detik.
4. *Error steady state* adalah nilai selisih antara keluaran sistem dengan set point pada saat keadaan mantap tercapai..

$$e_{ss} = \frac{sp - pv}{sp} \times 100\%$$

$$e_{ss} = \frac{90 - 90}{90} \times 100\%$$

$$e_{ss} = 0\%$$

- $e_{ss}$  yang terjadi sebesar 0% untuk kenaikan 1°C.

## BAB VI

### PENUTUP

#### 6.1. Kesimpulan

Dari perancangan dan pembuatan sistem serta dilanjutkan dengan proses pengujian, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian pengukuran sensor suhu pemanas, diketahui respon transientnya pemanas sebagai berikut:
  - Waktu turun ( $t_s$ ) yang diperoleh 515 detik ini menunjukkan waktu pencapaian *steady state*. Yang berarti dalam proses pemanasan air untuk mencapai suhu 90 °C hanya diperlukan 515 detik dan suhu yang diukur pada air sesuai dengan suhu pada set point yang diinginkan.
  - Error steady state diperoleh sebesar 0 % dengan kenaikan suhu sebesar 1 °C. Ini menunjukkan bahwa sistem ini dalam keadaan mantap.
2. Pada pengujian pengukuran sensor suhu pendingin, diketahui respon transientnya pendingin sebagai berikut
  - Waktu turun ( $t_s$ ) yang diperoleh 2500 detik ini menunjukkan waktu pencapaian *steady state*. Yang berarti dalam proses pendinginan air untuk mencapai suhu 5 °C hanya diperlukan 2500 detik dan suhu yang diukur pada air sesuai dengan suhu pada set point yang diinginkan.
  - *Error steady state* diperoleh sebesar 0 % dengan kenaikan suhu sebesar 1 °C. Ini menunjukkan bahwa sistem ini dalam keadaan mantap.
3. Berdasarkan pengujian didapat ess, dengan:
  - Rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengubah suhu pemanas per 1 °C sebesar  $\pm 15$  detik .
  - Sedangkan rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengubah suhu pendingin per 1 °C sebesar  $\pm 144$ detik (2,40 menit).

#### 4. Pengaruh suhu lingkungan pada saat siang dan malam

- Untuk proses pemanasan air pada saat siang hari untuk mencapai setpoint 90 °C waktu lebih cepat. Sedangkan pada saat malam proses pemanasannya lebih lama.
- Untuk proses pendinginan air pada saat siang hari untuk mencapai setpoint 5 °C waktu lebih lama. Sedangkan pada saat malam proses pendinginannya lebih cepat.

### 6.2. Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan sistem. Beberapa hal yang dapat dijadikan saran dalam alat ini adalah:

- a. Perlu digunakan sensor yang baik untuk meningkatkan ketelitian dari besaran yang diukur. Sehingga performa sistem akan dapat ditingkatkan sesuai dengan yang diharapkan, serta dengan menyempurnakan *kernel fuzzy inference system*.
- b. Untuk meningkatkan kemampuan *fuzzy logic controller* dapat dilakukan dengan menambah jumlah fungsi keanggotaan dan memodifikasi aturan-aturan *fuzzy* pada masing-masing variabel masukan dan keluarannya.
- c. Untuk pengembangan dan penyempurnaan kinerja alat diperlukan riset lebih lanjut
- d. Perlunya mensosialisasikan hasil skripsi ini ke konsumen, karena sistem ini merupakan salah satu alternatif dari sistem dispenser cerdas.



## . DAFTAR PUSTAKA

- ATMEL, 2001, *8 Bit Microcontroller With 4 KByte In-System Programmable Flash AT89S51*, ATMEL Corp. ([www.atmel.com](http://www.atmel.com)).
- Coughlin, Robert, F, dan Driscoll, Frederick, F.1994, *Penguat Operational dan Rangkaian Terpadu Linier*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Fraser, Charles dan Milne, John.1994, *Integrated Elektrical And Electronic Engineering for Mechanical Engineers*, England, McGraw-Hill International.
- Hayt, William dan Kemmerly, Jack. , *Rangkaian Listrik*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Kusumadewi, Sri, 2003, *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Malvino, Albert Paul.1985, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Jakarta , Penerbit Erlangga.
- Nalwan, Andi. 2003, *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroller AT 89C51*, Jakarta, PT Elex Media Komputindo.
- National Semiconductor. 1999. *LM35 Precison Centigrade Temperature Sensors National Semiconductor*.  
<http://www.national.com>
- Ogata, K, 1991. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*, Erlangga, Jakarta
- Tooley, Mike.2002, *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Widodo, Budiharto.2004, *Interfacing Komputer dan Mikrokontroller*, Jakarta, PT Elex Media Komputindo.
- Yan, Jun, 1994, *Using Fuzzy Logic*, Prentice Hall: New Jersey

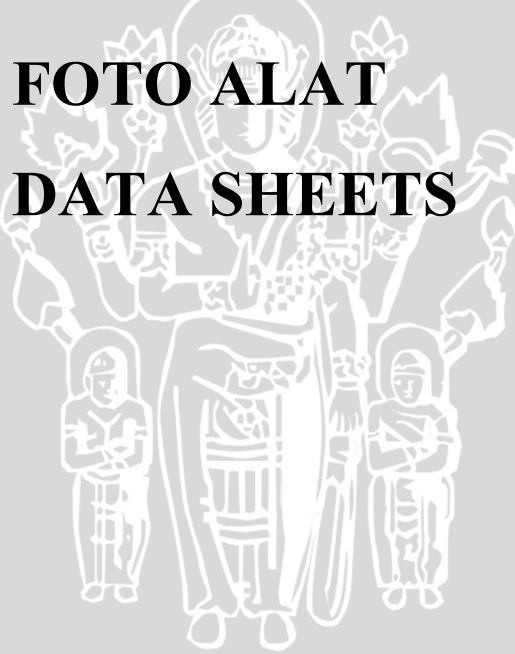
## **DAFTAR LAMPIRAN**

**1. LISTING PROGRAM**

**2. SKEMA RANGKAIAN**

**3. FOTO ALAT**

**4. DATA SHEETS**



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LAMPIRAN 1**  
**LISTING PROGRAM**

```
hot_out    bit p1.5
coldout    bit p1.4
rs         bit p1.6
enable     bit p1.7
```

```
hot_p      equ 00h
cold_p     equ 01h
h_err      equ 02h
c_err      equ 03h
h_set      equ 04h
c_set      equ 05h
```

```
          dta      equ 08h
          count    equ 09h
          all       equ 0ah
          bars     equ 0bh
          free     equ 0ch
ADC       equ 0dh
```

```
h_NB      equ 0eh
h_N       equ 0fh
h_Z       equ 10h
h_P       equ 11h
h_PB      equ 12h
c_N       equ 13h
c_Z       equ 14h
c_P       equ 15h
```

```
-----
;
;      ! inisialisasi LCD !
;
-----
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#30h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#30h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#30h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#38h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#08h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
          mov      dta,#01h
          call     send_order
          call     tunda_lcd
```

```

mov     dta,#0ch
call    send_order
call    tunda_lcd
mov     dta,#06h
call    send_order
call    tunda_lcd
;=====
;           ! Welcome Menu!
;=====

mov     bars,#10h
call    set_baris
mov     dptr,#nama
call    string
mov     bars,#20h
call    set_baris
mov     dptr,#nim
call    string
call    delay
mov     bars,#10h
call    set_baris
mov     dptr,#judul1
call    string
mov     bars,#20h
call    set_baris
mov     dptr,#judul2
call    string
jmp     setting

nama:    db "  Khoironi F  ",0
nim:    db " Teknik Elektro ",0
Judul1:  db "Dispenser Otomat!",0
Judul2:  db "  Fuzzy  Logic  ",0

;=====
;           ! Setting Suhu !
;=====

setting:
mov     dta,#01h
call    send_order
mov     bars,#10h
call    set_baris
mov     dptr,#set1
call    string
mov     bars,#23h
call    set_baris
set_dingin:
call    keypad
mov     a,r6
mov     c_set,a
mov     dptr,#angka
movc   a,@a+dptr

```

```

mov  dta,a
call send_ascii
call keypad
mov  a,c_set
mov  b,#10
mul  ab
mov  b,r6
add  a,b
mov  c_set,a
mov  a,r6
movc a,@a+dptr
mov  dta,a
call send_ascii
mov  bars,#2ah
call set_baris

```

```
set_panas:
```

```

call keypad
mov  a,r6
mov  h_set,a
mov  dptr,#angka
movc a,@a+dptr
mov  dta,a
call send_ascii
call keypad
mov  a,h_set
mov  b,#10
mul  ab
mov  b,r6
add  a,b
mov  h_set,a
mov  a,r6
movc a,@a+dptr
mov  dta,a
call send_ascii
call keypad
cjne r6,#16,setting
jmp  main

```

```

set1:  db " Dingin Panas '",0
angka: db "0123456789 C^'",0

```

```

;=====
;                ! Program Utama !
;=====

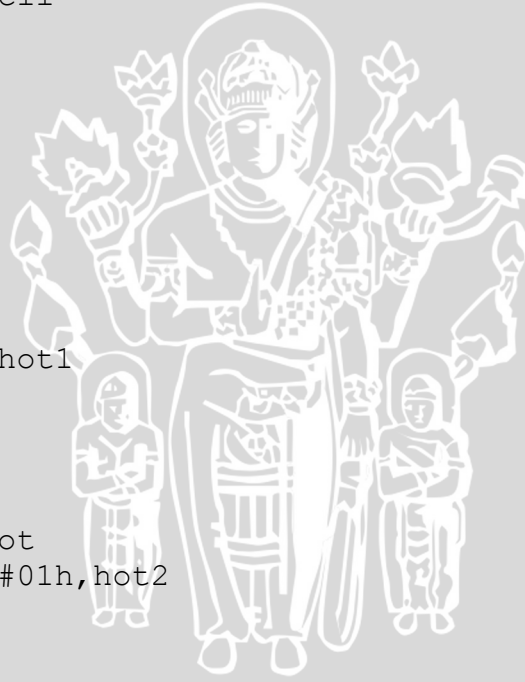
```

```

Main:   setb hot_out
        setb coldout
        call ADC_level
        mov  a,ADC
        anl  a,#80h
        cjne a,#80h,main    ;cek air

```

```
    mov    dta,#01h
    call  send_order
    mov    dptr,#set1
    call  string
baca_ADC_hot:
    call  ADC_hot
    mov    bars,#23h
    call  set_baris
    mov    b,#10
    mov    a,adc
    div   ab
    mov    dptr,#angka
    movc  a,@a+dptr
    mov    dta,a
    call  send_ascii
    mov    a,b
    movc  a,@a+dptr
    mov    dta,a
    call  send_ascii
    mov    b,#20
    mov    a,h_set
    add   a,b
    mov    b,adc
    subb  a,b
    mov    h_err,a
fuzzy_hot:
    mov    b,#10h
    div   ab
    cjne  a,#00h,hot1
    mov    h_N,b
    mov    a,#10
    subb  a,b
    mov    h_NB,a
    jmp   defuz_hot
hot1:
    cjne  a,#01h,hot2
    mov    h_Z,b
    mov    a,#10
    subb  a,b
    mov    h_N,a
    jmp   defuz_hot
hot2:
    cjne  a,#02h,hot3
    mov    h_P,b
    mov    a,#10
    subb  a,b
    mov    h_Z,a
    jmp   defuz_hot
hot3:
    mov    h_PB,b
    mov    a,#10
    subb  a,b
    mov    h_P,a
defuz_hot:
```



```
mov a,hot_p
subb a,h_NB
subb a,h_NB
subb a,h_n
add a,h_P
add a,h_PB
add a,h_PB
mov hot_p,a
bca_ADC_cold:
call ADC_cold
mov bars,#2ah
call set_baris
mov b,#10
mov a,adc
div ab
mov dptr,#angka
movc a,@a+dptr
mov dta,a
call send_ascii
mov a,b
movc a,@a+dptr
mov dta,a
call send_ascii
mov b,#10
mov a,c_set
add a,b
mov b,adc
subb a,b
mov c_err,a
fuzzy_cold:
mov b,#10h
div ab
cjne a,#00h,cold1
mov c_z,b
mov a,#10
subb a,b
mov c_N,a
jmp defuz_hot
cold1:
mov c_P,b
mov a,#10
subb a,b
mov c_Z,a

defuz_cold:
mov a,cold_p
subb a,c_P
add a,C_N
mov hot_p,a

run: mov r6,#20
```





```

run1:    mov   r7,#50
run2:    call  PWM
        djnz  r7,run2
        djnz  r6,run1
        jmp   baca_ADC_hot

```

```

;=====
;          ! routine PWM !
;=====

```

```

PWM:     setb  hot_out
        setb  coldout
        mov   a,#0h
PWM1:    mov   b,hot_p
        cjne  a,b,PWM2
        clr   hot_out
PWM2:    mov   b,cold_p
        cjne  a,b,PWM3
        clr   coldout
PWM3:    nop
        nop
        nop
        nop
        nop
        nop
        nop
        nop
        inc   a
        cjne  a,#100d, PWM1
        ret

```

```

;=====
;          !Scanning keypad!
;=====

```

```

keypad:
        mov   r0,#10
        acall delay
c1:     setb  p2.3
        setb  p2.2
        setb  p2.1
        clr   p2.0
        call  delay
        mov   a,p2
c1b1:   cjne  a,#11101110b,c1b2
        mov   r6,#1
c1b2:   cjne  a,#11011110b,c1b3
        mov   r6,#2
c1b3:   cjne  a,#10111110b,c1b4
        mov   r6,#3

```

```

c1b4:    cjne a,#01111110b,c2
        mov  r6,#13
c2:     setb p2.3
        setb p2.2
        clr  p2.1
        setb p2.0
        call delay
        mov  a,p2
c2b1:   cjne a,#11101101b,c2b2
        mov  r6,#4
c2b2:   cjne a,#11011101b,c2b3
        mov  r6,#5
c2b3:   cjne a,#10111101b,c2b4
        mov  r6,#6
c2b4:   cjne a,#01111101b,c3
        mov  r6,#14
c3:     setb p2.3
        clr  p2.2
        setb p2.1
        setb p2.0
        call delay
        mov  a,p2
c3b1:   cjne a,#11101011b,c3b2
        mov  r6,#7
c3b2:   cjne a,#11011011b,c3b3
        mov  r6,#8
c3b3:   cjne a,#10111011b,c3b4
        mov  r6,#9
c3b4:   cjne a,#01111011b,c4
        mov  r6,#15
c4:     setb p2.3
        clr  p2.2
        setb p2.1
        setb p2.0
        call delay
        mov  a,p2
c4b1:   cjne a,#11100111b,c4b2
        mov  r6,#11
c4b2:   cjne a,#11010111b,c4b3
        mov  r6,#0
c4b3:   cjne a,#10110111b,c4b4
        mov  r6,#12
c4b4:   cjne a,#01110111b,back
        mov  r6,#16
back:   ret

```

```

;=====
;                ! ADC !
;=====
; baca ADC mode free running

```

```

ADC_hot:
    clr  p1.0
    clr  p1.1
    call tunda_lcd
    call tunda_lcd
    mov  adc,p3
    mov  a,adc
    subb a,#45
    mov  adc,a
    ret

ADC_cold:
    setb p1.0
    clr  p1.1
    call tunda_lcd
    call tunda_lcd
    mov  adc,p3
    mov  a,adc
    subb a,#45
    mov  adc,a
    ret

ADC_level:
    clr  p1.0
    setb p1.1
    clr  p1.2
    call tunda_lcd
    call tunda_lcd
    mov  adc,p3
    ret

;=====
;***** routine lcd *****
;=====
send_order:
    clr  rs
    jmp  dataout

send_ascii:
    setb rs

dataout:
    mov  p0,dta
    setb enable
    nop
    nop
    nop
    clr  enable
    ret

;-----
;>>>>>>>>>> string <<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<<

```



```
;-----  
;string is put in DPTR and printed to lcd  
string:  
    mov     a,#00h  
    movc   a,@a+dptr  
    cjne   a,#"",tulis  
    ret  
tulis:  
    inc    dptr  
    mov    dta,a  
    call   send_ascii  
    jmp    string  
;=====  
;          ! Set Baris LCD!  
;=====  
set_baris:  
    mov    a,bars  
    anl    a,#30h  
    cjne   a,#20h,baris1  
    mov    a,bars  
    anl    a,#0fh  
    mov    dta,#0c0h  
    orl    dta,a  
    call   send_order  
    ret  
baris1:  mov    a,bars  
    anl    a,#0fh  
    mov    dta,#80h  
    orl    dta,a  
    call   send_order  
    ret  
;=====  
;          ! routine delay LCD!  
;=====  
tunda_lcd:  
    mov    tmod,#10h  
    mov    count,#5d  
    setb   tr1  
lagi:    mov    th1,#3ch  
    mov    t11,#0afh  
ulang:   jbc   tf1,hitung  
    sjmp   ulang  
hitung:  djnz  count,lagi  
    clr    tr1  
    ret
```

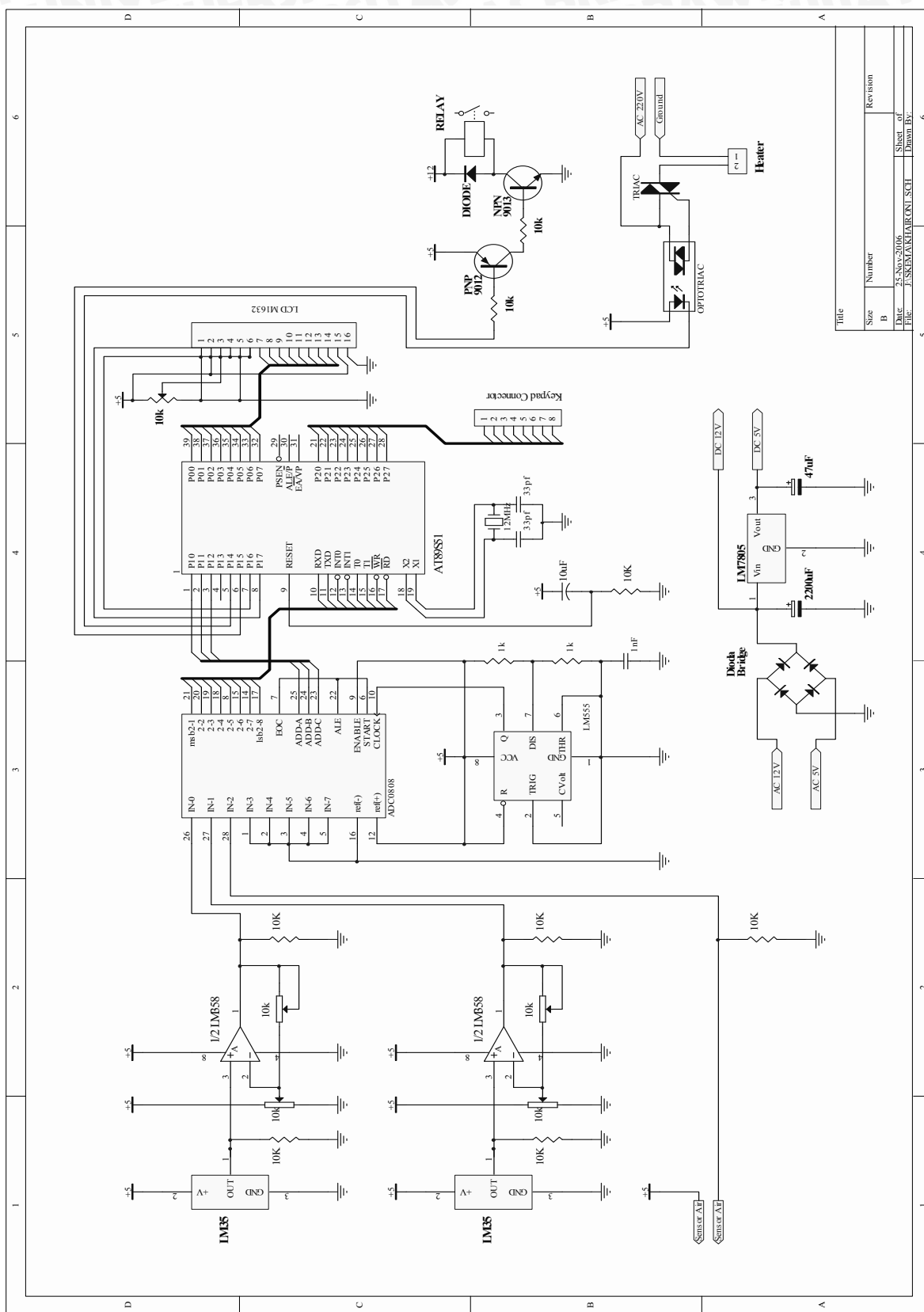
```
;=====
;      ! DELAY ROUTINE !
;=====
;tmod = ffffh - 3cafh = 50000 uS
;delay1 = 50 ms
;delay  = 100 * 50 ms= 5 detik
delay1:
    mov  tmod,#10h
    setb tr1
    mov  count,#1d
    jmp  lagi2
delay:
    mov  tmod,#10h
    setb tr1
    mov  count,#100d
lagi2:  mov  th1,#3ch
        mov  tl1,#0afh
ulang2: jbc  tf1,hitung2
        sjmp ulang2
hitung2: djnz count,lagi2
        clr  tr1
        ret
akhir:   sjmp $
        nop
        end
```



# LAMPIRAN 2

## SKEMA RANGKAIAN





Title	
Size	Number
B	
Date	25-Nov-2006
File	JUSSEBATAUREKON1.SCH
Sheet of	1
Drawn by	Danon BY
Revision	



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

# LAMPIRAN 3

## FOTO ALAT



Foto Prototype Dispenser





**Foto Pengesetan Suhu**



**Foto Tampilan Suhu Pada Dispenser**



# LAMPIRAN 4

# DATA SHEETS



## Features

- Compatible with MCS-51® Products
- 4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Memory
  - Endurance: 1000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 33 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Full Duplex UART Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power-off Flag
- Fast Programming Time
- Flexible ISP Programming (Byte and Page Mode)

## Description

The AT89S51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 4K bytes of in-system programmable Flash memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with in-system programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S51 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The AT89S51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, Watchdog timer, two data pointers, two 16-bit timer/counters, a five-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.



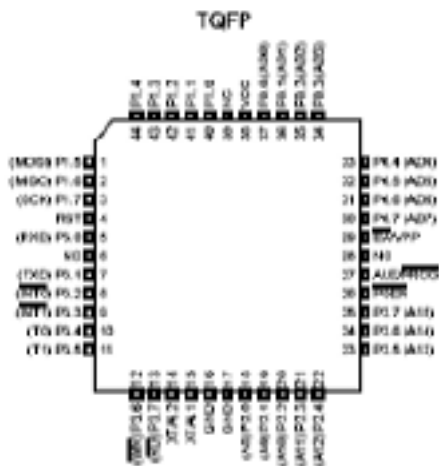
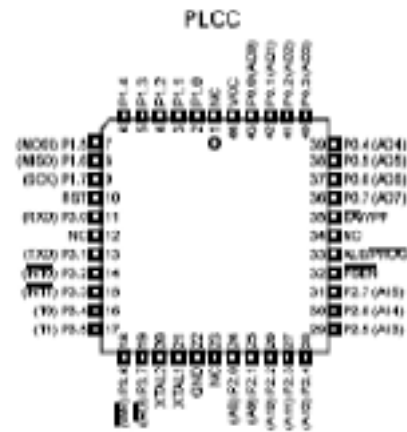
**8-bit  
Microcontroller  
with 4K Bytes  
In-System  
Programmable  
Flash**

**AT89S51**

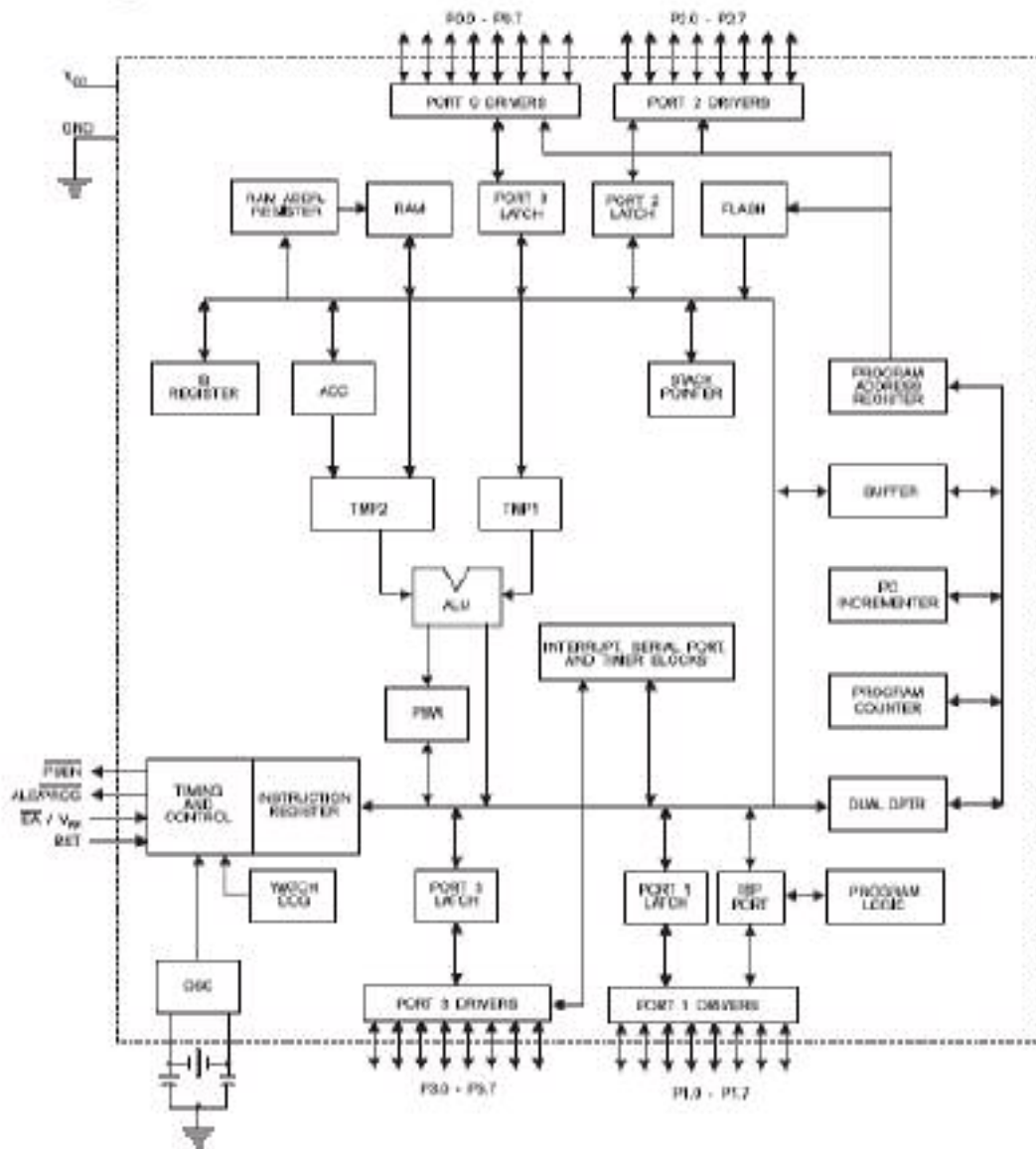




Pin Configurations



Block Diagram









November 1985

## ADC0808/ADC0809

### 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

#### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE<sup>®</sup> outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

#### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DD</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C049
- ADC0809 equivalent to MM74C049-1

#### Key Specifications

- Resolution: 8 Bits
- Total Unadjusted Error:  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Single Supply: 5 V<sub>DD</sub>
- Low Power: 15 mW
- Conversion Time: 100  $\mu$ s

TRI-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

© 1987 National Semiconductor Corporation D8308472

www.national.com

ADC0808/ADC0809 8-Bit  $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

### Absolute Maximum Ratings (Notes 1, 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	-0.5V to ( $V_{CC}+0.3V$ )
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	675 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

### Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$
ADC0809CJ	-55°C to +125°C
ADC0809CCJ, ADC0809CCN, ADC0809CCN	-40°C to +85°C
ADC0809CCV, ADC0809CCV	-40°C to +85°C
Range of $V_{CC}$ (Note 1)	4.5 $V_{CC}$ to 6.0 $V_{CC}$

### Electrical Characteristics

Converter Specifications:  $V_{CC}=5V_{CC}$ ,  $V_{REF(+)}=V_{REF(-)}=GND$ ,  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$  and  $f_{CLK}=840$  kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1/2$ $\pm 1/4$	LSB LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1$ $\pm 1/4$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+/-) to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	$V_{CC}$
$V_{REF(-)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{CC}$	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)}+V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
$I_{IN}$	Comparator Input Current	$f_{CLK}=840$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

### Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0809CJ 4.5V to  $V_{CC} \leq 5.5V$ , -55°C to  $T_{A} \leq 125^\circ\text{C}$  unless otherwise noted; ADC0809CCJ, ADC0809CCN, ADC0809CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V to  $V_{CC} \leq 5.25V$ , -40°C to  $T_{A} \leq 85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$ , $V_{IN}=5V$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200 1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5V$ , $V_{IN}=0$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200 -1.0	-10		nA $\mu\text{A}$
<b>CONTROL INPUTS</b>						
$V_{IH(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IL(1)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IH(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=16V$			1.0	$\mu\text{A}$
$I_{IL(1)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			$\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK}=840$ kHz		0.3	3.0	mA

### Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ, 4.5V $\leq$ V<sub>CC</sub> $\leq$ 5.5V, -55 $\leq$ T<sub>A</sub> $\leq$ +125 $^{\circ}$ C unless otherwise noted  
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0808CCN and ADC0808CCV, 4.75 $\leq$ V<sub>CC</sub> $\leq$ 5.25V, -40 $\leq$ T<sub>A</sub> $\leq$ +85 $^{\circ}$ C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>						
V <sub>OUT(1)</sub>	Logical '1' Output Voltage	I <sub>O</sub> =-350 $\mu$ A	V <sub>CC</sub> -0.4			V
V <sub>OUT(0)</sub>	Logical '0' Output Voltage	I <sub>O</sub> =1.6 mA			0.45	V
V <sub>OUT(0)</sub>	Logical '0' Output Voltage EOC	I <sub>O</sub> =1.2 mA			0.45	V
I <sub>OUT</sub>	TRI-STATE Output Current	V <sub>O</sub> =5V V <sub>O</sub> =0	-3		3	$\mu$ A $\mu$ A

### Electrical Characteristics

Timing Specifications V<sub>CC</sub>=V<sub>REF(EN)</sub>=5V, V<sub>REF(EN)</sub>=GND, t<sub>r</sub>=t<sub>f</sub>=20 ns and T<sub>A</sub>=25 $^{\circ}$ C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t <sub>NS</sub>	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t <sub>NS(ALE)</sub>	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t <sub>S</sub>	Minimum Address Setup Time	(Figure 5)		25	50	ns
t <sub>H</sub>	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t <sub>O</sub>	Analog MUX Delay Time From ALE	R <sub>A</sub> =0 $\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu$ s
t <sub>OH</sub> , t <sub>OL</sub>	OE Control to Q Logic State	C <sub>L</sub> =50 pF, R <sub>L</sub> =10k (Figure 5)		125	250	ns
t <sub>OH</sub> , t <sub>OL</sub>	OE Control to Hi-Z	C <sub>L</sub> =10 pF, R <sub>L</sub> =10k (Figure 5)		125	250	ns
t <sub>C</sub>	Conversion Time	f <sub>C</sub> =640 kHz, (Figure 5) (Note 7)	60	100	116	$\mu$ s
f <sub>C</sub>	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t <sub>EOC</sub>	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8+2 $\mu$ s	Clock Periods
C <sub>IN</sub>	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C <sub>OUT</sub>	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists internally from V<sub>DD</sub> to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V<sub>DD</sub>.

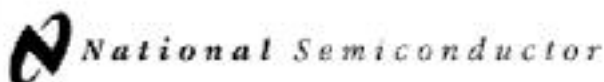
Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V<sub>CC</sub> supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V<sub>IN</sub> does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V<sub>DD</sub> to 5V<sub>DD</sub> input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.800V<sub>DD</sub> over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale linearity, and nonlinearity errors. See Figure 2. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all-zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 1A.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 1b-D T07: I<sub>CP</sub> M00692). See paragraph 4.3.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.



August 1999

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in  $^{\circ}$  Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  at room temperature and  $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^{\circ}\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^{\circ}$  to  $+110^{\circ}\text{C}$  range ( $-10^{\circ}$  with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in

hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

### Features

- Calibrated directly in  $^{\circ}$  Celsius (Centigrade)
- Linear  $+ 10.0\ \text{mV}/^{\circ}\text{C}$  scale factor
- $0.5^{\circ}\text{C}$  accuracy guaranteed (at  $+25^{\circ}\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^{\circ}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^{\circ}\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Typical Applications

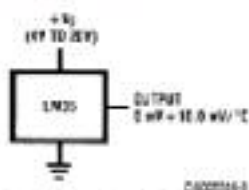
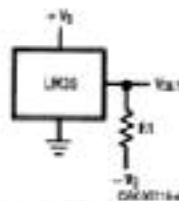


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ( $+2^{\circ}\text{C}$  to  $+150^{\circ}\text{C}$ )



Choose  $R_1 = -V_{S2}/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{out}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^{\circ}\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^{\circ}\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^{\circ}\text{C}$

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



LM35

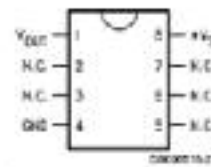
### Connection Diagrams

**TO-46  
Metal Can Package\***



\*Case is connected to negative pin (GND)  
 Order Number LM35H, LM35AH, LM35CAH or LM35DH  
 See NS Package Number H03H

**SO-8  
Small Outline Molded Package**



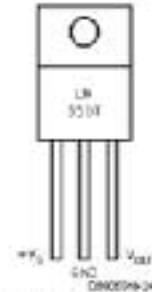
N.C. = No Connection  
 Top View  
 Order Number LM35DM  
 See NS Package Number M05A

**TO-92  
Plastic Package**



Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ  
 See NS Package Number Z03A

**TO-220  
Plastic Package\***



\*Tab is connected to the negative pin (GND)  
 Note: The LM35DT product is different than the discontinued LM35DP  
 Order Number LM35DT  
 See NS Package Number TA03F



### Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package,  
(Soldering, 10 seconds) 260°C

SO Package (Note 12)  
Vapor Phase (60 seconds) 215°C

Infrared (15 seconds) 220°C

ESD Susceptibility (Note 11) 2500V

Specified Operating Temperature Range:  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$   
(Note 2)

LM35, LM35A -55°C to +150°C

LM38C, LM38CA -40°C to +110°C

LM35D 0°C to +100°C

### Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $I_{OCL} \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 3.0$	mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$	$\pm 0.1$	mV/V
	$4V \leq V_{IS} \leq 30V$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{IS} = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67	114	$\mu\text{A}$
	$V_{IS} = +5V$	105		131	91		114	$\mu\text{A}$
	$V_{IS} = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_{IS} = +30V$	105.5		133	91.5		116	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{IS} \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_{IS} \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$	$\pm 0.2$		$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.8,</b> <b>+10.2</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.8,</b> <b>+10.2</b>	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $I_{OUT} \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		mV/V
	$4V \leq V_{IN} \leq 30V$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_{IN} = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	60		59	60		$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +5V$	105		158	91		138	$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	62		56.2	62		$\mu\text{A}$
	$V_{IN} = +30V$	105.5		161	91.5		141	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_{IN} \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_{IN} \leq 30V$	0.5		3.0	0.5		3.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.7</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.7</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{MAX}$ for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_{JUNCTION} \leq 150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_{JUNCTION} \leq 110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $2^\circ\text{C} \leq T_{JUNCTION} \leq 100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_{IN} = +5V$  and  $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-48 package is  $40^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient, and  $2^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-50 package is  $18^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $20^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-250 package is  $9^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

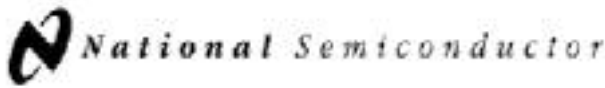
Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model,  $100 \text{ pF}$  discharged through a  $1.5 \text{ k}\Omega$  resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.



February 2000

## LM555 Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

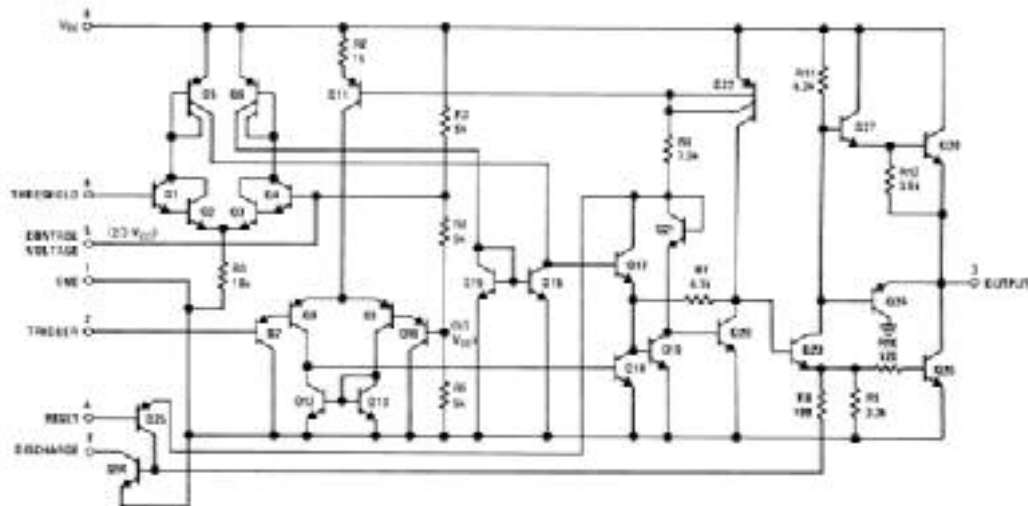
### Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

### Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

### Schematic Diagram

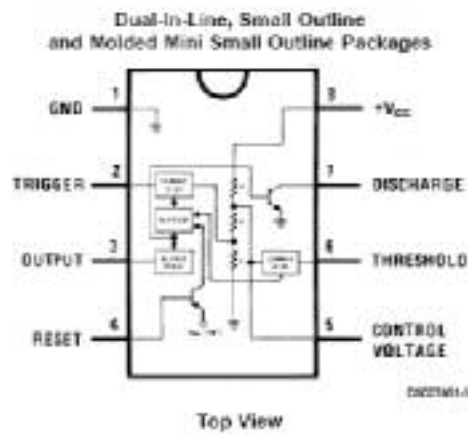


DA609161c





### Connection Diagram



### Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	HSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Reels	M06A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUAD8A
	LM555CMMK	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Reels	N09E



**Absolute Maximum Ratings** (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	615 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

**Soldering Information**

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages	
(SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2)

( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = +5\text{V}$  to  $+15\text{V}$ , unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ , $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$ , $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		1		%
Drift with Temperature			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy	$R_{A1}, R_{A2} = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$ , $C = 0.1\mu\text{F}$ , (Note 5)		2.25		%
Drift with Temperature			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V
Trigger Current			0.5	0.9	$\mu\text{A}$
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	$\mu\text{A}$
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	mA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$ , $I_T = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$ , $I_T = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2) (Continued) $(T_A = 25^\circ\text{C}, V_{CC} = +5\text{V to } +15\text{V}, \text{ unless otherwise specified})$ 

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$				
	$I_{load} = 10\text{mA}$		0.1	0.25	V
	$I_{load} = 50\text{mA}$		0.4	0.75	V
	$I_{load} = 100\text{mA}$		2	2.5	V
	$I_{load} = 200\text{mA}$		2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$				
Output Voltage Drop (High)	$I_{source} = 200\text{mA}, V_{CC} = 15\text{V}$		12.5		V
	$I_{source} = 100\text{mA}, V_{CC} = 15\text{V}$	12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

**Note 1:** All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.**Note 3:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above  $25^\circ\text{C}$  based on a  $+150^\circ\text{C}$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $105^\circ\text{C/W}$  (DIP),  $170^\circ\text{C/W}$  (SO-8), and  $204^\circ\text{C/W}$  (MSOP) junction to ambient.**Note 4:** Supply current when output high typically 1 mA less at  $V_{CC} = 5\text{V}$ .**Note 5:** Tested at  $V_{CC} = 5\text{V}$  and  $V_{CE} = 15\text{V}$ .**Note 6:** This will determine the maximum value of  $R_A + R_B$  for 10V operation. The maximum total ( $R_A + R_B$ ) is 20M $\Omega$ .**Note 7:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.**Note 8:** Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

**MOTOROLA**  
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by MOC3020D



**6-Pin DIP Random-Phase  
Optoisolators Triac Driver Output  
(400 Volts Peak)**

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

- To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option. They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

MAXIMUM RATINGS (T<sub>A</sub> = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

**INFRARED EMITTING DIODE**

Reverse Voltage	V <sub>R</sub>	3	Volts
Forward Current — Continuous	I <sub>F</sub>	60	mA
Total Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	100 1.33	mW mW/°C

**OUTPUT DRIVER**

Off-State Output Terminal Voltage	V <sub>DRM</sub>	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 cps)	I <sub>FSM</sub>	1	A
Total Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	300 4	mW mW/°C

**TOTAL DEVICE**

Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V <sub>ISO</sub>	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ T <sub>A</sub> = 25°C Derate above 25°C	P <sub>D</sub>	330 4.4	mW mW/°C
Junction Temperature Range	T <sub>J</sub>	-40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range <sup>(2)</sup>	T <sub>A</sub>	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range <sup>(2)</sup>	T <sub>stg</sub>	-40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T <sub>L</sub>	260	°C

- Isolation surge voltage, V<sub>ISO</sub>, is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
- Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value. Global Optoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

REV 1

© Motorola, Inc. 1988

**MOC3021**  
(IFT = 15 mA Max)  
**MOC3022**  
(IFT = 10 mA Max)  
**MOC3023\***  
(IFT = 5 mA Max)

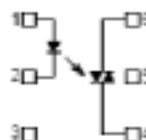
\*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04

SCHEMATIC



- ANODE
- CATHODE
- NC
- MAIN TERMINAL
- SUBSTRATE  
DO NOT CONNECT
- MAIN TERMINAL



**MOC3021 MOC3022 MOC3023**

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT LED</b>					
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	0.05	100	$\mu\text{A}$
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.15	1.5	Volts
<b>OUTPUT DETECTOR (<math>I_F = 0</math> unless otherwise noted)</b>					
Peak Blocking Current, Either Direction (Rated $V_{DRM}^{(1)}$ )	$I_{DRM}$	—	10	100	$\text{mA}$
Peak On-State Voltage, Either Direction ( $I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$ )	$V_{TM}$	—	1.8	3	Volts
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage (Figure 7, Note 2)	$dV/dt$	—	10	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
<b>COUPLED</b>					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = $3\text{ V}(3)$ )	$I_{FT}$	—	8	15	$\text{mA}$
	MOC3021	—	—	10	
	MOC3022	—	—	5	
	MOC3023	—	—	—	
Holding Current, Either Direction	$I_H$	—	100	—	$\mu\text{A}$

1. Test voltage must be applied within  $dV/dt$  rating.
2. This is static  $dV/dt$ . See Figure 7 for test circuit. Commutating  $dV/dt$  is a function of the load-driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{FT}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{FT}$  (15 mA for MOC3021, 10 mA for MOC3022, 5 mA for MOC3023) and absolute max  $I_F$  (80 mA).

**TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

$T_A = 25^\circ\text{C}$

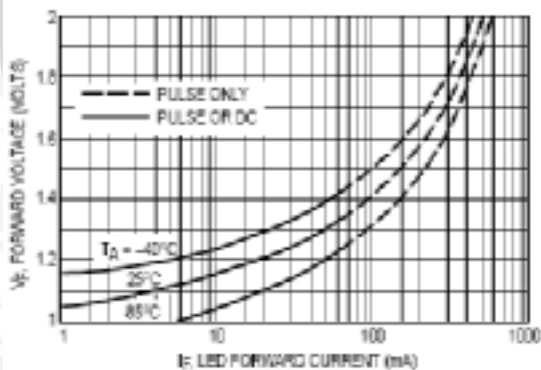


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

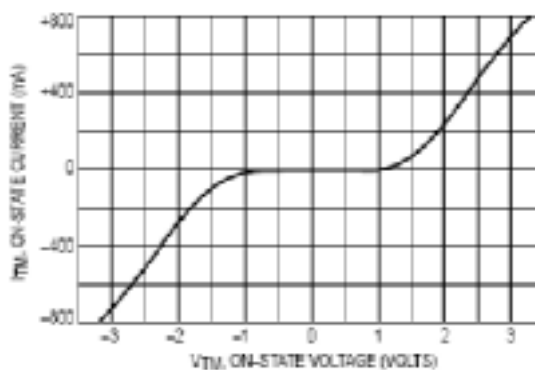
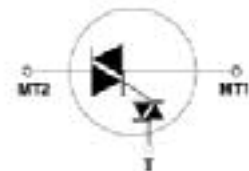


Figure 2. On-State Characteristics



TO-220 Isolated



## Quadrac

### Internally Triggered Triacs (4 A to 15 A)

#### General Description

Tecor's Quadrac devices are triacs that include a disc trigger mounted inside the same package. This device, developed by Tecor, saves the user the expense and assembly time of buying a discrete disc and assembling in conjunction with a gated triac. Also, the alternator Quadrac device (QxxxLTH) eliminates the need for a snubber network.

The Quadrac device is a bidirectional AC switch and is gate controlled for either polarity of main terminal voltage. Its primary purpose is for AC switching and phase control applications such as speed controls, temperature modulation controls, and lighting controls where noise immunity is required.

Triac current capacities range from 4 A to 15 A with voltage ranges from 200 V to 600 V. Quadrac devices are available in the TO-220 package.

The TO-220 package is electrically isolated to 2500 V rms from the leads to mounting surface. 4000 V rms is available on special order. This means that no external isolation is required, thus eliminating the need for separate insulators and insulator-mounting steps and saving dollars over "hot tab" devices.


All Tecor triac and disc chips have glass-passivated junctions to ensure long-term device reliability and parameter stability.

Variations of devices in this data sheet are available for custom design applications. Consult the factory for more information.

#### Features

- Glass-passivated junctions
- Electrically-isolated package
- Internal trigger disc
- High surge capability — up to 200 A
- High voltage capability — 200 V to 600 V



Type(s)	Part No. Isolated	V <sub>BRM</sub>	I <sub>GRM</sub>			V <sub>TM</sub>	Trigger Diac Specifications (T-MT1)					
			(1)	(1) (10)			(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
			mAmps			Volts						
	TD-220	Volts	T <sub>C</sub> = 25 °C	T <sub>C</sub> = 100 °C	T <sub>C</sub> = 125 °C	T <sub>C</sub> = 25 °C	Volts	Volts	Volts	µAmps	µFarads	
	See "Package Dimensions" section for variations. (1,2)	MIN	MAX		MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	
4 A	Q2004LT	200	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q4004LT	400	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q6004LT	600	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
5 A	Q2006LT	200	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q4006LT	400	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q6006LTH	600	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
6 A	Q2008LT	200	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q4008LT	400	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q6008LTH	600	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
10 A	Q2010LT	200	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q4010LT	400	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q6010LTH	600	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
15 A	Q2015LT	200	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q4015LT	400	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1
	Q6015LTH	600	0.05	0.5	2	1.4	3	33	43	5	25	0.1

### Specific Test Conditions

$\Delta V_{BR}$  — Dynamic breakback voltage (forward and reverse)  
 $\Delta V_{BO}$  — Breakover voltage symmetry  
 $C_T$  — Trigger firing capacitance  
 $di/dt$  — Maximum rate-of-change of on-state current  
 $dv/dt$  — Critical rate-of-rise of off-state voltage at rated  $V_{BRM}$  gate open  
 $dv/dt(c)$  — Critical rate-of-rise of commutation voltage at rated  $V_{BRM}$  and  $I_{GRM}$ ; commutating  $di/dt = 0.54$  rated  $I_{GRM}/ms$ ; gate unenergized  
 $\hat{I}_M$  — RMS surge (non-repetitive) on-state current for period of 5.5 ms for fusing  
 $I_{BO}$  — Peak breakover current  
 $I_{GRM}$  — Peak off-state current gate open;  $V_{GRM}$  = maximum rated value  
 $I_{GT}$  — Peak gate trigger current (10  $\mu s$  Max)  
 $I_H$  — Holding current; gate open  
 $I_{RMS}$  — RMS on-state current; conduction angle of 360°  
 $I_{TSM}$  — Peak one-cycle surge  
 $t_{GT}$  — Gate controlled turn-on time  
 $V_{BO}$  — Breakover voltage (forward and reverse)

$V_{BRM}$  — Repetitive peak blocking voltage

$V_{TM}$  — Peak on-state voltage at maximum rated RMS current

### General Notes

- All measurements are made at 60 Hz with resistive load at an ambient temperature of +25 °C unless otherwise specified.
- Operating temperature range ( $T_C$ ) is -40 °C to +125 °C.
- Storage temperature range ( $T_{STG}$ ) is -40 °C to +125 °C.
- Lead solder temperature is a maximum of +230 °C for 10 seconds maximum;  $\geq 1/16"$  (1.58 mm) from case.
- The case temperature ( $T_C$ ) is measured as shown on dimensional outline drawings. See "Package Dimensions" section of this catalog.

### Electrical Specification Notes

- For either polarity of MT2 with reference to MT1
- See Figure E3.1 for  $I_H$  versus  $T_C$ .
- See Figure E3.4 and Figure E3.5 for  $I_T$  versus  $v_T$ .
- See Figure E3.9 for surge ratings with specific durations.

IH (1)(2)	I <sub>TRM</sub> (4)(5)	dV/dt(c) (1)(6)(8)	dV/dt (1)		t <sub>gr</sub> (8)(9)	I <sup>2</sup> <sub>t</sub>	I <sub>TRM</sub>	d/dt (9)
			Volts/Sec					
			T <sub>c</sub> = 100 °C	T <sub>c</sub> = 125 °C				
mAmps	Amps	Volts/Sec	Volts/Sec		µSec	Amps <sup>2</sup> Sec	Amps	Amps/Sec
MAX	60/50Hz	MIN	MIN		TYP			
40	55/48	3	75	50	3	12.5	1.2	58
40	55/48	3	75	50	3	12.5	1.2	58
40	55/48	3	58	50	3	12.5	1.2	58
30	80/65	4	130	80	3	26.5	1.5	78
50	80/65	4	150	80	3	26.5	1.5	78
50	80/65	4	125	85	3	26.5	1.5	78
50	80/65	25	575	450	3	26.5	1.5	78
50	80/65	25	425	350	3	26.5	1.5	78
60	100/83	4	175	120	3	41	1.5	78
60	100/83	4	175	120	3	41	1.5	78
60	100/83	4	150	160	3	41	1.5	78
60	100/83	25	575	450	3	41	1.5	78
60	100/83	25	425	350	3	41	1.5	78
60	120/100	4	200	150	3	60	1.5	78
60	120/100	4	200	150	3	60	1.5	78
60	120/100	4	175	120	3	60	1.5	78
60	120/100	38	525	780	3	60	1.5	78
60	120/100	38	375	610	3	60	1.5	78
70	200/167	4	300	260	3	146	1.5	100
70	200/167	4	300	260	3	146	1.5	100
70	200/167	4	200	150	3	146	1.5	100
70	200/167	38	525	780	3	146	1.5	100
70	200/167	38	375	610	3	146	1.5	100

- (5) See Figure E3.6, Figure E3.7, and Figure E3.8 for current rating at specific operating temperature.
- (6) See Figure E3.2 and Figure E3.3 for test circuit.
- (7)  $\Delta V_{ce} = [+V_{ce}] - [-V_{ce}]$
- (8) See Figure E3.7 and Figure E3.8 for maximum allowable case temperature at maximum rated current.
- (9) Trigger firing capacitance = 0.1 µF with 0.1 µs rise time
- (10)  $T_c = T_o$  for test conditions in off state
- (11) Maximum required value to ensure sufficient gate current
- (12) See package outlines for lead form configurations. When ordering special lead forming, add type number as suffix to part number.

**Electrical Isolation**

All Teccor isolated Quadrac packages withstand a minimum high potential test of 2500 V ac rms from leads to mounting tab over the operating temperature range of the device. The following isolation table shows standard and optional isolation ratings.

Electrical Isolation from Leads to Mounting Tab*	
VAC RMS	TYPE
2500	Standard
4000	Optional**

\* UL Recognized File #E71630  
 \*\*For 4000 V isolation, use "V" suffix in part number.

Thermal Resistance (Steady State) R <sub>θJC</sub> [R <sub>θJA</sub> ] °C/W (TYP)	
TYPE	Isolated TO-220
4 A	3.5 (5.0)
6 A	3.3
8 A	2.8
10 A	2.8
15 A	2.1

