

**ALAT PENGHASIL UAP PANAS
PADA RUANG SAUNA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Jurusan Teknik Elektro**



Oleh:

Nama : Sigit Pramono

No. Mahasiswa : 02 524 127

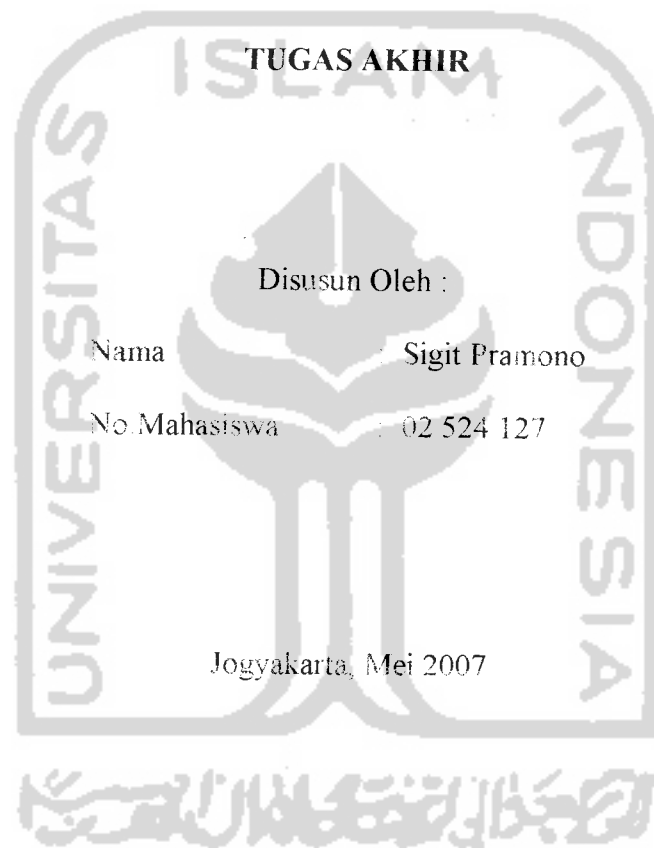
**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
JOGJAKARTA**

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

ALAT PENGHASIL UAP PANAS

PADA RUANG MANDI SAUNA



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Wahyudi Budi Pramono, ST)

(Medilla Kusriyanto, ST)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

**ALAT PENGHASIL UAP PANAS
PADA RUANG MANDI SAUNA**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Sigit Pramono

No.Mahasiswa : 02 524 127

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia
Jogjakarta, Juni 2007

Tim Penguji

Wahyudi Budi P, ST.

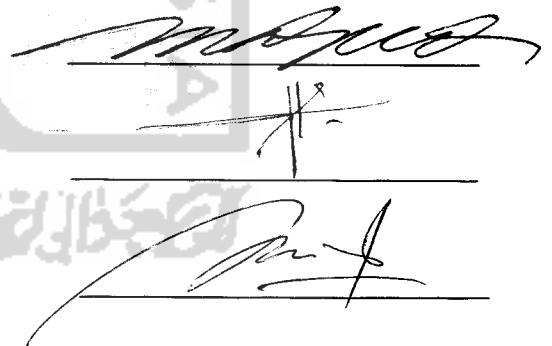
Ketua

Medilla K, ST.

Anggota I

Dwi Ana R, ST.

Anggota II



Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



(Dwi Anuwono, ST., M.Sc)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Buat:

Keluargaku Tercinta:

Ayahanda dan Ibunda

Serta

Adik-adikku

*(terima kasih atas semua pengorbanan, dorongan
semangat yang tiada henti dan do'anya yang tulus)*

Temanku "Sloopox Team"

(thanks for your time that give me memories)

MOTTO

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan ; Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain "

(Q.S. Alam Nasrani ayat 6 dan 7)

" Jadilah sabar dan sholat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar "

(Q.S. Al Baqarah ayat 153)

" Dunia hanya berjalan tiga hari, yaitu : Kemarin, yang kita tidak berpengharapan apa-apa lagi darinya. Hari ini, yang harus kita peroleh kebaikan dan kesuksesannya. Dan esok hari, yang tidak kita ketahui apakah kita termasuk yang masih hidup atau yang tergolong sudah meninggal "

(Al Hasan Al Bashri)

"... Allah akan meninggikan orang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat... .."

(QS. Al-Muhammad ayat 11)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan ; Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain "

(Q.S. Asy Syari ayat 6 dan 7)

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Wr. Wb.,

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT. semoga kita semua senantiasa berada dalam lindungan, rahmat dan hidayahNya, karena berkat rahmat dan hidayahNyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam kita haturkan kepada junjungan kita, Nabi besar Muhammad SAW serta sahabat-sahabat, keluarga dan para pengikutnya sampai akhir zaman. Amien

Tugas akhir ini adalah salah satu syarat guna menyelesaikan jenjang kesarjanaan strata I (S1) pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Atas terselesaikannya tugas akhir ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah bersedia memberikan bantuan serta motivasinya selama ini, untuk itu penyusun tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Ayahanda tercinta bapak Mujiran dan Ibunda tercinta ibu Kastuti, adikku Siddiq Adhi Pramono dan Suci Arum Sari, serta seluruh keluarga, terima kasih atas cinta, dorongan semangat yang tiada henti dan do'anya yang tulus. Untuk Zita, yang senyumnya membangkitkan semangat dan harapan.
2. Bapak Fathul Wahid, ST., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

3. Bapak Tito Yuwono, ST., M.Sc., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Yusuf Aziz Amrullah, ST., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Medila Kusriyanto, S.T., selaku dosen pembimbing I, yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan laporan ini.
6. Bapak Wahyudi Budi Pramono, S.T., selaku dosen pembimbing II, yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan laporan ini.
7. Teman-teman "SLOWPOOX CREW" Elektro'02, Dayat, Iyan, Arwah, Jhon, Arif, Sony, Dadang, Eko, Diaz dan semua anak Elektro angkatan 2002 terima kasih telah menjadikan semuanya begitu bersahabat dan indah.

Banyak pengorbanan, kesulitan yang penulis alami selama penyusunan laporan ini. Hanya dengan pertolongan Allah SWT penulis mengatasi semuanya itu. *Winner never quit. Quiter never win.* Kritik dan saran untuk penyempurnaan laporan ini sangat penulis harapkan dari pembaca. Akhirnya semoga laporan ini banyak berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb..

Jogjakarta, April 2007

Penulis

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin maju membuat manusia baik di negara maju maupun di negara berkembang berusaha mengembangkan dan memanfaatkan teknologi untuk kemudahan dalam berbagai hal. Alat penghasil uap pada ruang mandi sauna merupakan salah satu bentuk kemajuan dibidang elektronika yang diaplikasikan sebagai alat yang sangat bermanfaat bagi kesehatan.

Pembuatan alat ini terdiri dari sebuah pemanas, sensor panas (LM35), kipas yang digunakan sebagai penyemprot uap panas, sistem minimum mikrokontroler AT 89C51, penampil dan pengkondisi isyarat. Prinsip kerja dari alat ini adalah pemanas akan memanaskan air sampai suhu 85°C dan dipertahan pada suhu 80 °C dengan tujuan agar air tidak cepat habis dan menghasilkan uap panas yang maksimum, yang mana uap panas yang dihasilkan dari pemanas akan digunakan untuk memanaskan ruang sauna. Selain itu mikrokontroller juga mengatur suhu yang ada dalam ruang sauna, yang mana suhu ruang sauna yang diinginkan dapat diperoleh dengan menekan tombol keypad. Kipas sebagai penyemprot uap panas akan berhenti bekerja bila suhu ruang melebihi 1°C dari suhu yang diinginkan dan akan kembali bekerja bila suhu ruang sauna kurang dari 1°C dari suhu yang diinginkan. Proses tersebut bekerja terus-menerus selama penggunaan ruang mandi sauna. Kipas yang memasukkan uap panas kedalam sauna akan dibaca oleh sensor suhu LM35 dan diolah oleh pengkondisi isyarat yang terdiri dari sebuah op amp LM 358 yang berfungsi sebagai penguat agar dapat terbaca oleh ADC, output dari ADC dibaca dan diolah oleh mikrokontroler AT 89C51 dan diolah menjadi suatu masukan untuk proses pengendalian, selain itu suhu dalam ruang sauna dapat dilihat pada display 7-segmen.

Keluaran sensor suhu dari pengukuran mempunyai penyimpangan sebesar 1,48% terhadap hasil perhitungan, hal ini disebabkan karena pemasangan resistor yang kurang tepat, pembacaan termometer yang kurang tepat dan tidak presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan. Pada alat ini bisa digunakan untuk mandi sauna dengan suhu uap panas yang stabil sesuai dengan suhu yang diinginkan sehingga bisa terasa nyaman dalam mandi sauna.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Penguji.....	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Halaman Motto.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Abstraks.....	ix
Daftar Isi	x
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Sauna.....	6
2.2 Perubahan cairan ke fase gas.....	8

2.3 Driver pemanas.....	8
2.3.1 Triac.....	8
2.3.2 Triac Q4008LTH.....	10
2.3.3 Optotriac.....	10
2.3.4 Optotriac MOC3031.....	10
2.4 Transistor switching.....	12
2.5 Pemanas (<i>heater</i>).....	13
2.6 Kipas.....	14
2.7 sensor suhu.....	14
2.8 Pengkondisi sinyal analog.....	15
2.8.1 Penguat tak membalik.....	16
2.9 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	16
2.9.1 Metode pendekatan berturut-turut.....	17
2.9.2 ADC0808.....	18
2.10 Sistem Mikrokontroler AT 89C51.....	22
2.10.1 Susunan Pin-Pin mikrokontroler AT89C51.....	23
2.10.2 Organisasi memori.....	25
2.10.3 Memori Program.....	26
2.10.4 Memori Data.....	27
2.11 Unit Peraga LED <i>Seven Segment</i>	28
2.12 Interface Keypad.....	28

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGHASIL

UAP PANAS PADA KAMAR MANDI SAUNA

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	31
3.2 Prinsip Kerja Rangkaian.....	33
3.3 Perancangan Perangkat Keras.....	35
3.3.1 Rangkaian <i>Driver</i> Pemanas.....	35
3.3.2 Pemanas (<i>Heater</i>) dan Kipas penggerak uap panas.....	36
3.3.3 Rangkaian <i>Driver</i> Kipas Penggerak Uap Panas.....	36
3.3.4 Rangkaian Sensor Suhu.....	37
3.3.5 Rangkaian Pengkondisi Isyarat.....	38
3.3.6 Rangkaian Analog to Digital Converter (ADC).....	40
3.3.7 Sistem Mikrokontroler AT89C51.....	42
3.3.8 Perancangan Unit Peraga.....	44
3.3.9 Interface Keypad 4x3.....	45
3.4 Perancangan perangkat lunak.....	46
3.4.1 Diagram alir program utama.....	47
3.4.2 Diagram alir Keypad.....	49
3.4.3 Diagram alir driver pemanas.....	52

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian rangkaian <i>driver</i> pemanas.....	54
4.2 Pengujian <i>driver</i> kipas penggerak uap panas.....	55
4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu.....	57
4.4 Pengujian Rangkaian Penguat.....	60

4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan.....	63
4.5.1 Pengujian Kipas pada Ruang Sauna.....	63
4.5.2 Pengujian Pemanas (<i>Heater</i>).....	70

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol triac.....	9
Gambar 2.2 Konfigurasi terminal triac Q4008LTH.....	10
Gambar 2.3 Konfigurasi terminal optotriac MOC3031.....	11
Gambar 2.4 Transistor sebagai saklar.....	12
Gambar 2.5 Konfiguarasi pin-pin sensor suhu IC LM35.....	15
Gambar 2.6 Penguat non inverting.....	16
Gambar 2.7 Diagram blok ADC dengan metode pendekatan berturut- turut.....	17
Gambar 2.8 Blok diagram ADC 0808.....	19
Gambar 2.9 Diagram waktu ADC0808.....	21
Gambar 2.10 Blok diagram MCS51.....	23
Gambar 2.11 Konfigurasi pin-pin mikrokontroler AT89C51.....	25
Gambar 2.12 Struktur memory mikrokontroler AT89C51.....	26
Gambar 2.13 Memori program.....	26
Gambar 2.14 Memori data internal.....	27
Gambar 2.15 Fisik seven segment.....	28
Gambar 2.16 Konstruksi keypad 4x4.....	29
Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian.....	32
Gambar 3.2 Rangkaian <i>driver</i> pemanas.....	35
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Driver</i> kipas penggerak uap panas.....	36
Gambar 3.4 Rangkaian pengkondisi Isyarat.....	38

Gambar 3.5 Kaki-kaki ADC 0808.....	41
Gambar 3.6 Rangkaian sistem mikrokontroler.....	43
Gambar 3.7 Rangkaian unit peraga 7-segmen.....	45
Gambar 3.8 Konstruksi keypad 4x3.....	45
Gambar 3.9 Diagram alir program utama.....	47
Gambar 3.10 Digram alir program keypad.....	49
Gambar 3.11 Diagram alir driver pemanas.....	53
Gambar 4.1 Pengujian <i>driver</i> pemanas.....	55
Gambar 4.2 Perngujian <i>driver</i> penggerak uap panas.....	56
Gambar 4.3 Pengujian rangkaian sensor suhu.....	58
Gambar 4.4 Pengujian rangkaian penguat.....	61
Gambar 4.5 Grafik hubungan suhu termometer dengan level ADC.....	62
Gambar 4.6 Grafik pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 32°C.....	64
Gambar 4.7 Grafik pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 40°C.....	66
Gambar 4.8 Grafik pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 44°C.....	68
Gambar 4.9 Grafik hasil pengujian pemanas air dari nilai suhu.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Saluran analog ADC 0808.....	21
Tabel 3.1 Hubungan antara suhu dan tegangan keluaran sensor.....	38
Tabel 4.1 Pengujian rangkaian <i>driver</i> pemanas.....	55
Tabel 4.2 Pengujian <i>driver</i> penggerak uap panas.....	56
Tabel 4.3 Pengujian rangkaian sensor suhu.....	58
Tabel 4.4 Pengujian rangkaian penguat dan keluaran level ADC.....	61
Tabel 4.5 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 32 °C.....	64
Tabel 4.6 Untuk menghitung deviasi (SD) pengujian <i>set point</i> 32°C.....	65
Tabel 4.7 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 40 °C.....	65
Tabel 4.8 Untuk menghitung deviasi (SD) pengujian <i>set point</i> 40°C.....	67
Tabel 4.9 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat <i>set-point</i> 44 °C.....	67
Tabel 4.10 Untuk menghitung deviasi (SD) pengujian <i>set point</i> 44°C.....	69
Tabel 4.11 Pengujian keseluruhan pada ruang mandi sauna.....	69
Tabel 4.12 Hasil pengujian pemanas dari nilai suhu.....	70
Tabel 4.13 Untuk menghitung deviasi (SD) pengujian pemanas.....	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemandian sauna merupakan tempat yang tepat untuk dijadikan pilihan melepaskan lelah (relaksasi) di tengah semakin padatnya kesibukan di kota-kota besar. Selain dapat dimanfaatkan sebagai tempat relaksasi, pemandian sauna juga memiliki fungsi untuk meningkatkan kebugaran tubuh dan kebersihan kulit. [1]

Seperti yang dapat dilihat di kota-kota besar pemandian sauna masih jarang ditemui dan memanfaatkan sauna sebagai salah satu sarana peningkatan kesehatan masih memerlukan biaya yang lumayan banyak. Melihat hal diatas dan semakin lengkapnya komponen elektronika yang dapat diperoleh dipasaran, maka dapat dimungkinkan untuk dibuat sistem pemandian sauna yang dapat dimanfaatkan di ruangan yang dapat dibuat sendiri.

Kerja alat mandi sauna adalah pemanas bekerja memanaskan air hingga menghasilkan uap panas yang diinginkan yaitu pada rentang suhu 80 °C sampai dengan suhu 85°C, tujuannya agar air yang dipanaskan tetap stabil dan tidak cepat habis.

Untuk menggerakkan uap panas ke dalam ruangan dimanfaatkan kipas. Kipas akan bekerja menggerakkan uap panas ke dalam ruang mandi sauna hingga suhu ruang mandi sauna mencapai 35°C-50°C merupakan suhu ideal yang dipakai dalam ruangan pemandian sauna [2]. Karena daya tahan tiap manusia berbeda-beda maka ditambah keypad yang berfungsi untuk mengatur suhu maksimal yang

diinginkan dalam ruang mandi sauna. Kipas akan berhenti bekerja bila suhu ruang melebihi 1°C dan bekerja kembali pada suhu kurang dari 1°C dari suhu yang diinginkan. Proses tersebut bekerja selama penggunaan ruang sauna untuk catu daya digunakan tegangan jala-jala PLN 220V dengan frekuensi 50 Hz. Untuk efisiensi tempat dan biaya pembuatan difungsikan mikrokontroller sebagai pengontrol kerja sistem.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang diuraikan pada latar belakang, rumusan masalah dapat ditekankan pada bagaimana merancang dan membuat alat pemanas air yang dapat bekerja secara otomatis dan menghasilkan uap panas yang stabil. Serta merancang kerja kipas terhadap suhu pada ruang sauna. Selain itu juga bagaimana merancang program mikrokontroller untuk membagi setiap fungsi alat kerja

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Menggunakan Mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali utama.
2. Jangkauan pengaturan suhu pemanas adalah 80°C - 85°C .
3. Jangkauan pengaturan suhu ruang pemanas set-point batas bawah bersuhu 27°C dan batas atas bersuhu 56°C . Suhu yang kita inginkan dapat diset dengan menekan tombol keypad.
4. Tampilan menggunakan empat buah 7-segmen
5. Pendeteksian suhu setiap 1°C .
6. Daya pemanas 300 W.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan skripsi ini adalah merancang dan membuat alat penghasil uap panas mandi sauna sederhana yang dapat dipergunakan di ruangan secara otomatis.

1.5 Metodologi Penelitian

1. Pengumpulan Data

Data diperoleh dari studi pustaka berupa buku, artikel, makalah dan tutorial yang tersedia pada *website* di internet.

2. Studi Pustaka

Pengumpulan data ini digunakan untuk mendapatkan informasi-informasi yang berkaitan dengan proses penyusunan tugas akhir, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses pembuatan simulasi.

3. Pemecahan Masalah

Setelah semua data terkumpul, maka dilakukan perancangan sistem, pembuatan simulasi sistem dan pengujian sistem.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab bagian isi laporan, dengan penjelasan bab sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : LANDASAN TEORI

Merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai landasan untuk memecahkan masalah dan memberikan garis besar metode yang digunakan oleh penyusun sebagai kerangka pemecahan masalah..

BAB III : PERANCANGAN SISTEM

Bagian ini menjelaskan tentang proses perancangan dan pembuatan sistem pengontrolan alat mulai dari blok diagram, prinsip kerja, serta pembahasan perangkat lunak sebagai otak sistem, selain itu juga membahas metode-metode perancangan yang digunakan, cara mengimplementasikan rancangan dan pengujian sistem yang telah dibuat serta batasan dan hambatan yang ditemui selama proses perancangan dan implementasi sistem.

BAB IV : PENGUJIAN, ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil pengujian dan analisis dari sistem yang dibuat dibandingkan dengan dasar teori sistem atau uraian alasan ilmiah yang lain.

BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran-saran dari proses perancangan, simulasi sistem, serta keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan juga asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan penelitian. Serta berisi tentang saran-saran guna perbaikan dan pengembangan alat ini.



BAB II

DASAR TEORI

Sistem pengatur suhu dalam pemanas air dan ruang sauna akan mempengaruhi keberhasilan pembuatan ruang mandi sauna. Prinsip utamanya bagaimana mengatur suhu pemanas dan ruang sauna agar sesuai yang diinginkan. Dalam bab ini akan dibahas tentang teori dasar, parameter dan prinsip kerja dari komponen yang mendukung pembuatan alat penghasil uap panas pada ruang mandi sauna.

2.1 Sauna

Sejak masuk Indonesia, mandi sauna memang cukup populer digunakan untuk meningkatkan kesehatan dan kecantikan tubuh. Karakter khas mandi sauna adalah memanfaatkan panas di dalam ruangan yang di desain khusus dan memberi suasana nyaman. Pemakai ruang sauna bisa dibuat berkeringat oleh panasnya suhu udara di dalamnya.[1]

Jenis sauna dapat dibagi dua menurut penggunaanya yaitu sauna kering dan sauna basah. Sauna kering dalam pemanfaatannya menggunakan sinar infra merah atau Bio-Spektrum. Sauna basah dalam pemanfaatannya menggunakan media air yang dipanaskan ke dalam *heater* atau disiramkan di atas batu basal yang dipanaskan untuk dimanfaatkan uapnya.[2]

Pada saat menggunakan mandi sauna, kadang-kadang dilakukan penambahan minyak atsiri. Minyak atsiri bisa membuat kulit menjadi bersih, merangsang sirkulasi

darah dan bisa membantu mengeluarkan bahan bersifat racun dari sel dan jaringan sehingga tubuh menjadi sehat, jiwa pun tenang dan nyaman. Panas dari sauna menyebabkan panas tubuh meningkat 1-2 derajat Celcius, sehingga mekanisme otomatis tubuh adalah melakukan perlawanan untuk mendinginkan suhu tubuh. Yaitu, dengan mengeluarkan keringat melalui pori-pori kulit. Keringat sendiri sebenarnya campuran air, mineral, asam lemak, dan racun-racun dalam tubuh. Oleh karena itu mandi uap sauna dipercaya sebagai salah satu cara untuk membuang racun dalam tubuh.[2]

Sebenarnya mandi sauna ditujukan terutama untuk mereka yang kurang berolahraga. Pengeluaran keringat perlu dirangsang dengan melakukan mandi sauna. Orang yang secara fisik kurang gerak menyebabkan otot menjadi tidak aktif. Aliran darah pun menjadi kurang lancar. Akibatnya, asam laktat banyak yang menumpuk di otot. Penumpukan itu membuat tubuh sering pegal. Uap panas dari mandi sauna dapat melancarkan sirkulasi darah, sehingga asam laktat yang menumpuk pada otot akan ikut terbawa keringat. Hasilnya otot akan terasa lebih rileks .[3]

Suhu yang digunakan dalam pembuatan sauna di kawasan eropa yang memiliki iklim dingin yang lebih panjang dari iklim dingin di daerah tropis dapat mencapai lebih dari 70 °C sampai 120 °C sehingga untuk keamanan penggunaan suhu sauna yang diperbolehkan di Indonesia dengan iklim tropis tidak terlalu tinggi antara 35°C sampai 50°C dan jangka penggunaannya hanya 10 sampai 20 menit, karena jika penggunaan sauna melebihi batas dapat menyebabkan kerusakan kulit dan dehidrasi.[2]

2.2 Perubahan cairan ke fase gas

Bila tekanan uap sama dengan tekanan luar maka akan mulai terbentuk gelembung-gelembung uap dalam cairan. Karena tekanan uap dalam gelembung sauna dengan tekanan udara, maka gelembung itu dapat mendorong lewat permukaan dan bergerak ke fase gas di atas cairan.

2.3 Driver pemanas

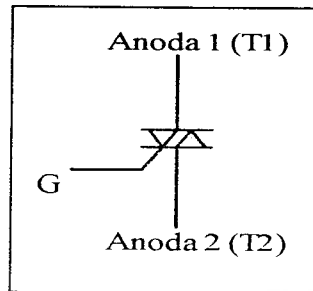
Untuk menghubungkan rangkaian mikrokontroller ke dalam pemanas sekaligus mengisolasinya dari sumber AC maka dibutuhkan rangkaian penggerak pemanas. Perancangan rangkaian *driver* pemanas ini menggunakan triac dan optotriac.

2.3.1 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 pemicu 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 80°C-85°C maka digunakan Triac (*triode alternating current*). Simbol triac ditunjukkan dalam gambar 2.1



Gambar 2.1 Simbol triac

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

Triac mempunyai dua karakteristik penting, yaitu:

1. Suatu triac akan tetap dalam keadaan tidak menghantar meskipun dibias maju sampai V_{BRV} (tegangan breakover) majunya tercapai.
2. Nilai V_{BRV} ini dapat dikontrol dengan merubah besarnya arus gerbang I_G , sehingga memberikan kemampuan untuk mengontrol arus beban yang sangat besar dengan mengatur arus gerbang yang sangat kecil.

Pada saat triac di bias dengan suatu tegangan $V/-V$, arus $I/-I$ akan tetap kecil disebut arus penghalang maju, sampai V_{BRV} 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*).

2.3.2 Triac Q4010LTH

Konfigurasi terminal pada triac Q4008LTH ditunjukkan dalam gambar 2.3



Gambar 2.2 Konfigurasi terminal triac Q4010LTH

Beberapa karakteristik penting triac Q4010LTH adalah sebagai berikut:

- Arus penahan maksimum untuk mempertahankan keadaan on $I_H = 60\text{mA}$
- Tegangan *breakover* maksimum $V_{BRV} = 43\text{V}$

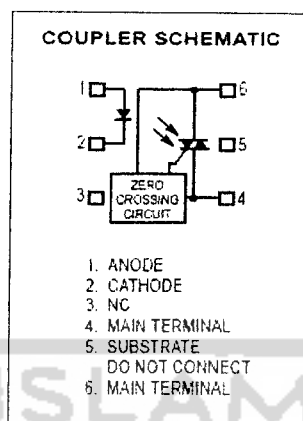
2.3.3 Optotriac

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 rangkaian secara aman.

Optotriac terdiri atas sebuah LED (*light emitting diode*) 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 pertanahan (*ground*) sendiri. Tidak ada hubungan listrik sama sekali antara keduanya.

2.3.4 Optotriac MOC3031

Konfigurasi terminal pada optotriac MOC3031 ditunjukkan dalam gambar 2.3



Gambar 2.3 Konfigurasi terminal optotriac MOC3031

Optotriac yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah MOC 3031. MOC 3031 adalah suatu optoisolator yang terdiri dari suatu LED infra merah gallium arsenide yang secara optic membangkitkan suatu detector phototriac dan secara khusus dirancang untuk mengendalikan triac yang mengontrol beban pada jala-jala sampai 340V. Phototriac ini adalah suatu rangkaian kompleks yang berfungsi hampir sama seperti suatu triac kecil, membangkitkan sinyal yang diperlukan untuk mengendalikan gerbang dari suatu triac yang lebih besar. MOC 3031 bersama dengan triac mangijinkan suatu sinyal berdaya rendah untuk mengendalikan beban berdaya tinggi dengan sejumlah komponen dan pada saat yang sama secara praktis memberikan isolasi lengkap rangkaian pengendali dari jala-jala dimana tingkat isolasi tegangannya mencapai 7500 volt peak

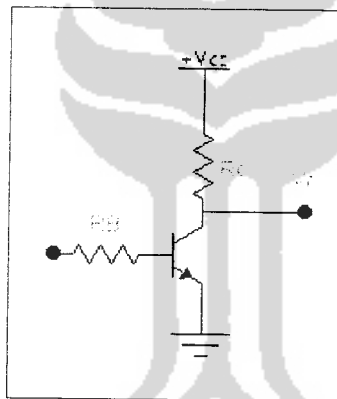
Arus maksimum yang dapat dilewatkan melalui LED adalah 60mA, MOC3021 mempunyai tegangan penghalang maksimun sebesar 400V pada kedua arah dalam keadaan OFF. Dalam keadaan ON, phototriac akan melewatkan 100mA

kedua arah dengan kurang dari 3V tegangan jatuhnya. Sekali terpicu ke dalam keadaan ini (menghantar) Phototriac akan tetap demikian sampai arusnya turun dibawah arus menahan sebesar 100uA.

2.4 Transistor Switching

Transistor dioperasikan pada salah satu dari saturasi atau *cut off*. Jika transistor berada pada titik saturasi, transistor tersebut seperti sebuah saklar yang tertutup dari kolektor dan emitter. Jika transistor *cut off* maka transistor akan seperti sebuah saklar yang terbuka.

Transistor yang difungsikan sebagai saklar diperlihatkan dalam gambar 2.4



Gambar 2.4 Transistor sebagai saklar

Transistor bipolar dapat difungsikan sebagai saklar elektronika dengan memanfaatkan dua keadaan transistor yaitu keadaan saturasi (sebagai saklar tertutup) dan keadaan *cut off* (sebagai saklar terbuka). Pada saat saturasi maka arus kolektor adalah

$$I_{c(sat)} = \frac{V_{cc}}{R_c} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

V_{cc} = Tegangan sumber (Volt)

R_c = Hambatan kaki kolektor (Ohm)

I_c = Arus kolektor (Ampere)

Pada saat cut off tegangan kolektor emitter sama dengan tegangan sumber kolektor dan arus basis mendekati nol.

$$V_{CE(cut)} = V_c \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

V_{CE} = Tegangan antara kolektor-emitter (Volt)

V_c = Tegangan kolektor (Volt)

$$I_{B(cut)} \approx 0 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

I_B = Arus Basis (Ampere)

Untuk mencari arus basis pada keadaan resistor basis terpasang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

I_B = Arus Basis (Ampere)

V_{BB} = Tegangan pada kaki basis (Volt)

V_{BE} = Tegangan antara basis-emitter (Volt)

R_B = Hambatan kaki basis (Ohm)

2.5 Pemanas (*Heater*)

Pemanas atau heater adalah suatu bahan yang mampu menghasilkan energi panas bila diberi tegangan bolak-balik. Kawat untuk elemen pemanas listrik harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

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

Bahan yang digunakan sebagian besar ditentukan oleh suhu maksimum yang dikehendaki. Logam-logam campuran tersebut diatas dapat digunakan sampai 1000°C - 1250°C . Sebagai penyangga panas maka diperlukan isolasi. Bahan isolasi kawat pemanas tidak boleh mengadakan reaksi kimia dengan bahan kawatnya pada suhu penggunaan. Syarat ini terutama penting untuk bahan-bahan isolasi keramik seperti porselin.

2.6 Kipas

Kipas adalah suatu perangkat yang digunakan untuk mendorong angin. Cara kerja dari kipas adalah menarik udara dari suatu sisi dan menghembuskan hasil tarikan tadi ke sisi lain. Volume udara yang dipindahkan sebanding dengan kecepatan

putar kipas angin. Beda antara tekanan udara di depan dan di belakang kipas angin sebanding dengan kuadrat kecepatan putar tersebut.

2.7 Sensor Suhu

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

Sensor suhu yang dipakai dalam perancangan alat ini adalah IC LM 35 produksi Nasional Semikonduktor. IC ini mempunyai ketelitian dan kecepatan yang tinggi serta mempunyai jangkauan yang memadai untuk pengontrolan yang umum.

IC LM35 memiliki impedansi keluaran rendah, keluaran linear dan ketepatan kalibrasi membuat mudah mengantarmukakan pembacaan keluaran atau pengontrolan. Dengan sensitivitas $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, keluaran mengalami perubahan 10mV untuk setiap kenaikan suhu 1°C . Jangkauan operasi suhu -55°C - 150°C . Mempunyai ketelitian $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ pada suhu ruang dan $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ pada suhu -55°C - 150°C . Dengan arus yang rendah yaitu $60\mu\text{A}$, mempunyai pemanasan sendiri yang sangat rendah kurang dari $0,1^{\circ}\text{C}$. Dapat digunakan dengan catu daya tunggal atau dengan catu daya simetris plus dan minus. Gambar 2.5 menunjukkan konfigurasi pin-pin sensor suhu IC LM35.



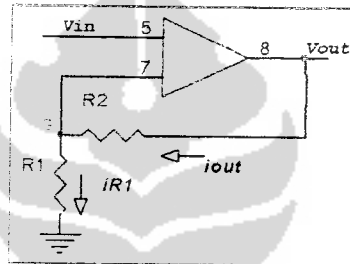
Gambar 2.5. Konfigurasi pin-pin sensor suhu IC LM35

2.8 Pengkondisi Sinyal Analog

Biasanya sinyal dari sensor suhu sangat lemah dan cenderung berubah-ubah. Pengkondisi sinyal analog dibutuhkan untuk menguatkan sinyal.

2.8.1 Penguat Tak Membalik (*non-inverting amplifier*)

Penguat tak menbalik (*non-inverting amplifier*) adalah penguat yang sinyal inputnya diberikan ke masukan non inverting (terminal positif). Tegangan keluaran diumpan balikkan ke masukan inverting. Rangkaian dari penguat *non-inverting* ditunjukkan dalam gambar 2.6



Gambar 2.6 Penguat *Non Inverting*

Besarnya penguatan untuk penguat tak membalik adalah sebagai berikut:

$V_G = V_{in}$ sehingga:

$$i_{out} = \frac{V_{out} - V_G}{R2} = \frac{V_{out} - V_{in}}{R2} \quad (2.5)$$

$$i_{R1} = \frac{V_G - 0}{R1} = \frac{V_{in}}{R1} \quad (2.6)$$

$$i_{out} = i_{R1} \quad (2.7)$$

$$\frac{V_{out} - V_{in}}{R2} = \frac{V_{in}}{R1} \quad (2.8)$$

$$V_{out} = V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \dots \dots \dots (2.9)$$

$$|A| = \left[\frac{V_{out}}{V_{in}} \right] = \left[\frac{R_2}{R_1} + 1 \right] \dots \dots \dots (2.10)$$

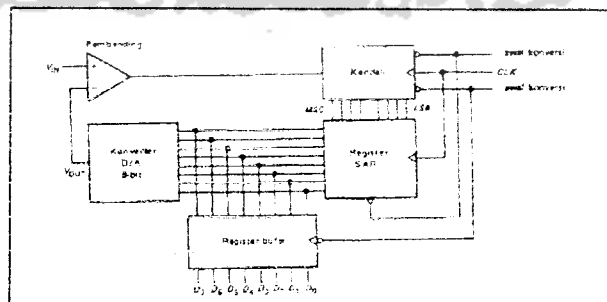
Penguat tak membalik menghasilkan sinyal keluaran sefasa dengan masukan. Mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran rendah.

2.9 Analog to Digital Converter (ADC)

Seringkali dibutuhkan agar sinyal dalam bentuk analog diubah ke dalam bentuk digital. ADC berfungsi menghasilkan output digital yang mewakili *level* tegangan dari sinyal analognya. Hasil dari ADC menunjukkan jumlah bit output binernya. ADC 0808 menggunakan teknik konversi dengan metode pendekatan berturut-turut (*Successive Approximation Method*).

2.9.1 Metode Pendekatan Berturut-turut (*Successive Approximation Method*)

Metode pendekatan bertingkat, memiliki rangkaian yang lebih kompleks dan memiliki waktu konversi yang jauh lebih pendek yang merupakan harga tetap tidak tergantung kepada harga input analog. Blok diagram ADC dengan pendekatan berturut-turut diperlihatkan dalam gambar 2.7



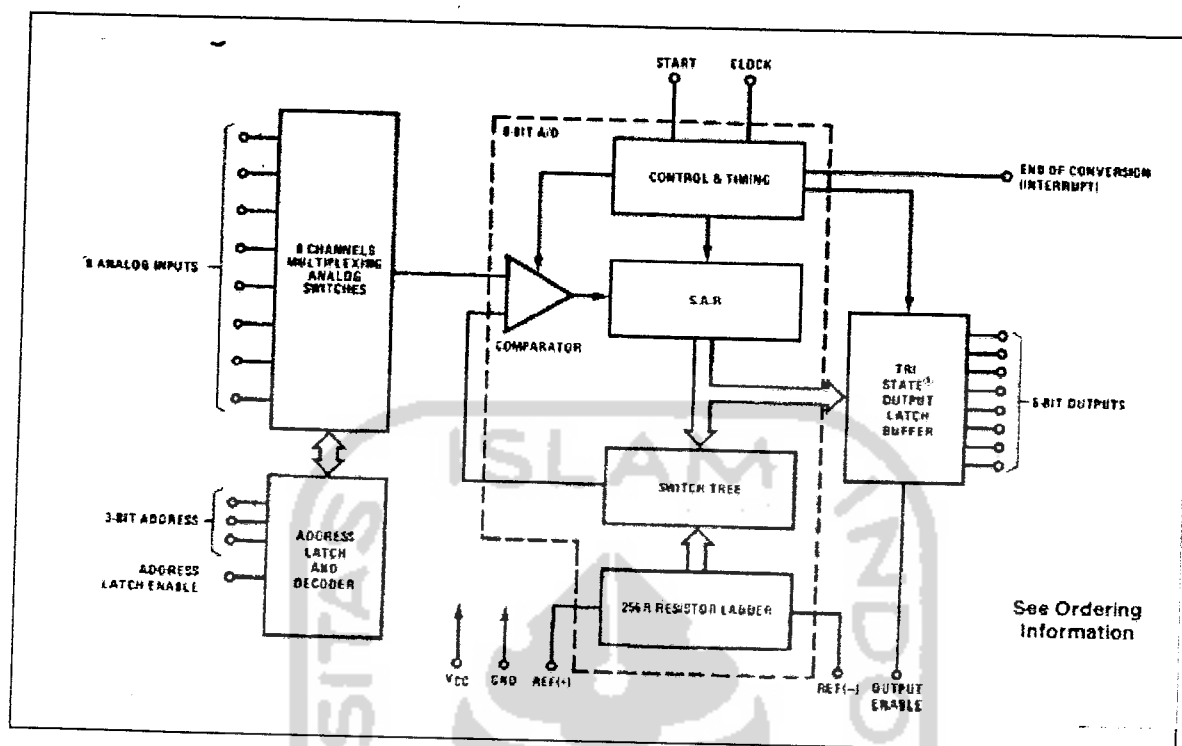
Gambar 2.7 Diagram blok ADC dengan metode pendekatan berturut-turut

Konverter A/D ini menggunakan counter untuk memberikan input ke bagian coverter D/A. Melainkan menggunakan register seperti pada gambar 2.7, register memiliki harga-harga biner yang selalu dimodifikasi dalam urutan yang jauh berbeda. Urutan tersebut terjadi seperti berikut ini:

1. Mula-mula msb diset = 1 dan bit-bit yang lain seluruhnya = 0 hal ini akan menghasilkan suatu harga V_{OUT} pada output D/A yang sama dengan bobot dari msb. Apabila $V_{OUT} = V_{IN}$ maka komparator menjadi rendah dan ini akan menyebabkan msb mereset = 0. Apabila $V_{OUT} > V_{IN}$ maka msb dipertahankan tinggi (1).
2. Msb kedua di set ke 1 lagi, apabila harga baru dari $V_{OUT} = V_{IN}$ maka bit ini akan reset ke 0 bila tidak, dipertahankan = 1.
3. Proses ini berlangsung terus untuk seluruh bit di dalam register.

2.9.2 ADC0808

ADC 0808 (*Analog to Digital Converter*) merupakan converter analog ke digital berefrensi 8 bit, berlogika control sesuai dengan mikrokontroler, menggunakan teknik pendekatan beruntun dan dilengkapi dengan multiplekser sinyal analog 8 saluran ADC 0808 membutuhkan catu tegangan +5 volt. Konverter ini mampu melakukan konversi selama $100\mu S$ ketika diberikan input klok 640 KHz.



Gambar 2.8 Blok diagram ADC 0808

ADC 0808 sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2.8 dapat dibagi dalam 2 bagian multiplexer dan converter 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 berurutan 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 system di luar ADC hingga beberapa saat sebelum akhir konversi berikutnya.

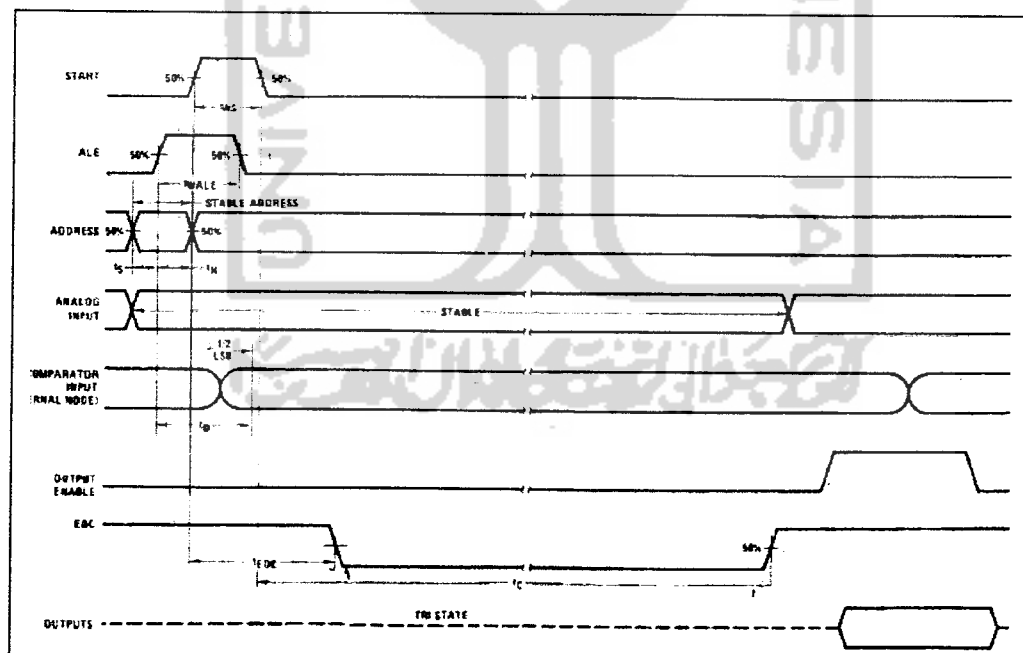
Seperti yang terlihat pada gambar 2.8, ADC ini mempunyai 8 kanal saklar analog multipleks yang diatur oleh *Address Latch and Decoder* di mana multiplexer ini akan meneruskan sinyal analog tersebut ke bagian konversi tegangan. Pada mode terkontrol, proses konversi dilakukan setelah perintah start yaitu logika 1 pada kaki START diberikan. Kecepatan konversi tergantung dari frekuensi clock yang diberikan oleh rangkaian eksternal. Sedangkan hasil konversi dikirimkan ke Tri State Output Latch Buffer yang kompatibel dengan level TTL, yaitu sebuah buffer penahan yang bersifat tiga tingkat di mana tingkat pertama terjadi pada saat data hasil konversi masuk ke input dari bagian ini. Tingkat kedua saat data tersebut di latch (terjadi secara otomatis dalam IC ini setiap kali konversi) ke dalam buffer internalnya dan tingkat ketiga saat sinyal OE yang berlogika 1 diberikan ke kaki OE IC ini sehingga data yang ada dalam buffer internal dikirim ke bagian output (D0...D7). Selama kaki OE masih berlogika 0 maka jalur output (D0...D7) bersifat *high impedance* (impedansi tinggi) sehingga pada suatu sistem yang kompleks, jalur ini masih dapat digunakan oleh komponen lain yang mempunyai kemampuan akses dengan menggunakan sistem bus

ADC0808 mempunyai 8 buah kanal input yang diatur oleh kaki A0, A1 dan A2 sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 2.1 Saluran analog ADC 0808

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	A2	A1	A0
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

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.



Gambar 2.9 Diagram waktu ADC0808

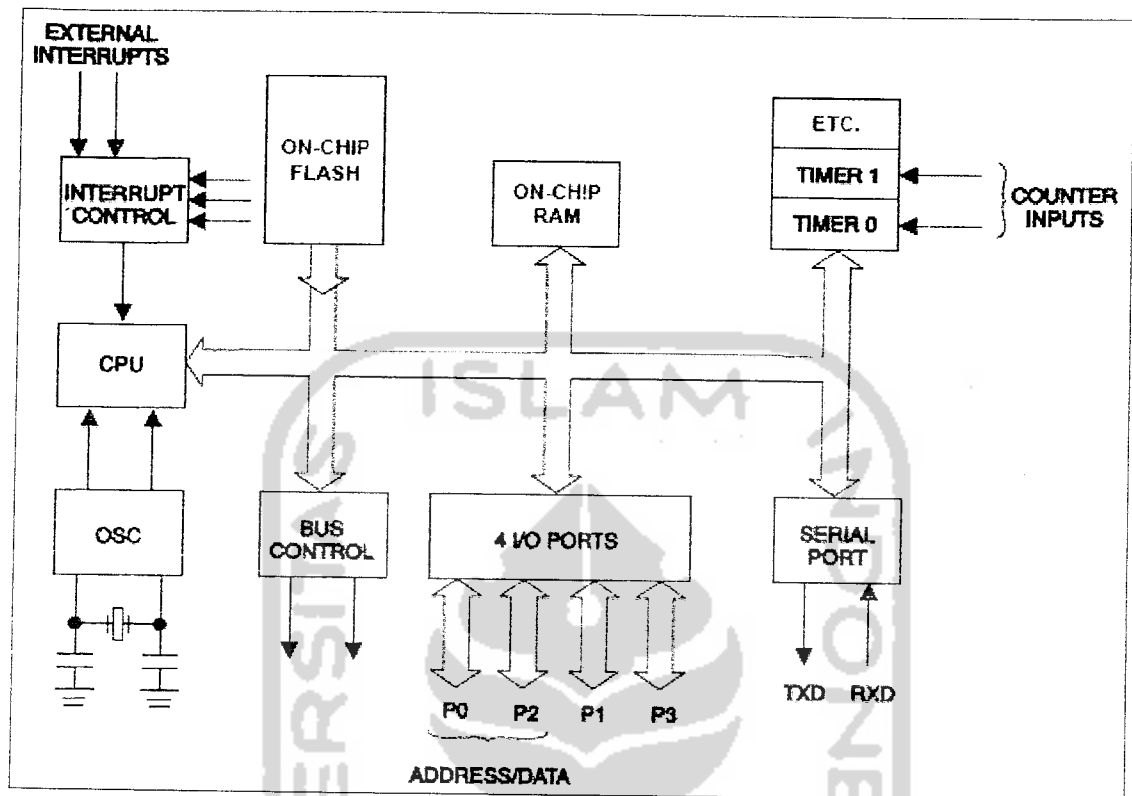
Pada timing diagram di atas, tampak proses konversi mulai terjadi saat sinyal ALE dan Start muncul. Sinyal analog di kanal sesuai yang ditunjuk berdasarkan kaki A0, A1 dan A2 akan dikonversi menjadi digital. Akhir proses konversi terjadi dengan adanya perubahan dari logika 0 ke logika 1 pada kaki EOC. Data hasil konversi akan muncul di Data Bus (D0...D7) saat sinyal OE berlogika 1 muncul.

2.10 Sistem Mikrokontroler AT 89C51

Mikrokontroler, sebagai terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil serta dapat diproduksi secara massal membuat harganya menjadi lebih murah.

ATMEL memproduksi bermacam-macam MCS51, semuanya dilengkapi dengan Flash PEROM (*Programmable Erasable Read Only Memory*). Produksi standarnya adalah AT89C51/AT89C52, yaitu produk setara 8051/8052 asli buatan intel.

AT89C51 mempunyai 4 kilobyte Flash PEROM, jumlah memory yang cukup memadai untuk membuat sistem kecil. Fasilitas lain selain mengisi program juga menghapus program yang sudah tersimpan dalam PEROM, membaca isi PEROM, memeriksa apakah PEROM masih kosong. Blok diagram keluarga MCS51 dapat dilihat dalam gambar 2.10



Gambar 2.10 Blok diagram MCS51

2.10.1 Susunan Pin-Pin mikrokontroler AT89C51

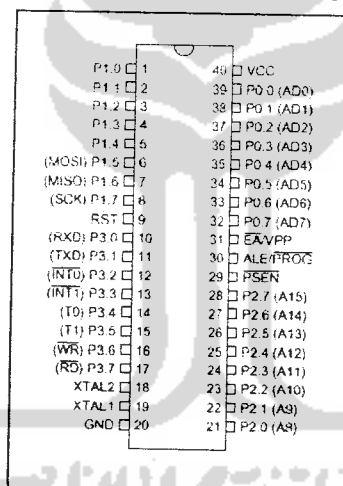
Konfigurasi mikrokontroler AT89C51 digolongkan menjadi pin sumber tegangan, pin osilator, pin I/O dan pin untuk proses interupsi luar. Gambar konfigurasi pin-pinnya dapat dilihat dalam gambar 2.11. Fungsi dari tiap-tiap pin adalah sebagai berikut:

1. Pin 1-8 :Port 1 (P1.0 – P1.7), merupakan port parallel 8 bit dua arah (*bidirectional*). Port ini bekerja baik untuk operasi bit maupun byte, tergantung dari pengaturan software.

2. Pin 9 : Reset, merupakan pin input yang aktif tinggi, Jika pin ini aktif tinggi selama dua siklus mesin, maka ketika isolator bekerja akan mereset peralatan.
3. Pin 10-17 :Port 3 (P3.0-P3.7) adalah port parallel 8 bit 2 arah yang juga memiliki fungsi khusus atau fungsi pengganti sebagai berikut:

RXD (P3.0):	Masukan penerima data serial
TXD (P3.1):	Keluaran pengirim data serial
INT0 (P3.2):	Masukan interupsi 2
INT1 (P3.3):	Masukan interupsi 1
T0 (P3.4) :	Masukan dari pewaktu pencacah 0
T1 (P3.5) :	Masukan dari pewaktu pencacah 1
WR (P3.6) :	Sinyal penulisan memori data luar
RD (P3.7) :	Sinyal pembaca memori data
4. Pin 18 : XTAL 1, adalah pin masukan ke rangkaian osilator internal. Sebuah osilator Kristal atau sumbar osilator eksternal dapat digunakan.
5. Pin 19 : XTAL 2, adalah pin keluaran ke rangkaian osilator internal. Pin ini dapat dipakai bila menggunakan osilator Kristal.
6. Pin 20 : Dihubungkan ke GND
7. Pin 21-28 :Port 2 (P2.0-P2.7), adalah port parallel 8 bit 2 arah. Port 2 ini mengirimkan byte alamat bila dilakukan pengaksesan memori eksternal.
8. Pin 29 : Pin PSEN (*Program Strobe Enable*), yang merupakan sinyal pengontrol yang membolehkan program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses (pengambilan instruksi).

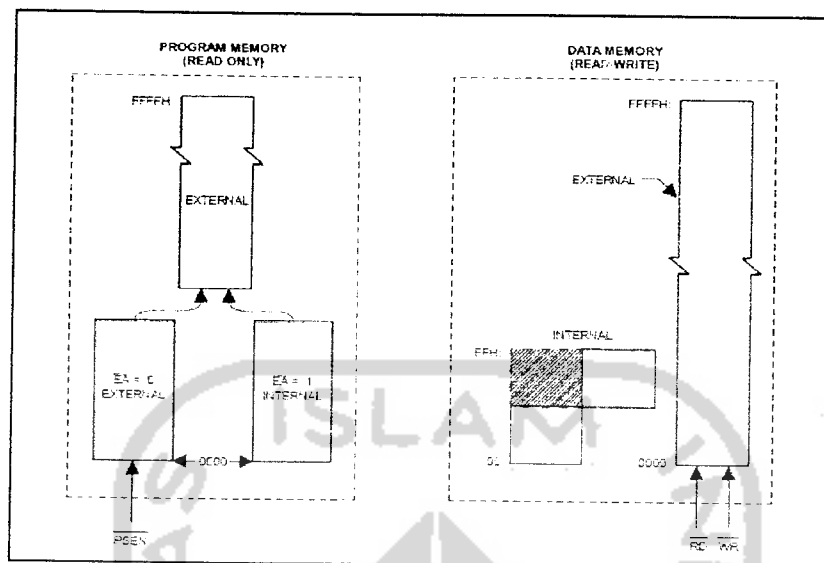
9. Pin 30 : ALE (*Address Latch Enable*), digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
10. Pin 31 : EA, pin EA harus di hold rendah secara eksternal atau dihubungkan ke ground agar AT89C51 dapat mengakses kode mesin dari program memori eksternal.
11. Pin 32-39 : Port 0 (P0.0-P0.7), port 0 adalah merupakan port parallel 8 bit dua arah. Port ini digunakan sebagai multipleks bus alamat rendah dan bus data selama pengaksesan ke memori eksternal.
12. Pin 40 : VCC, dihubungkan dengan sumber tegangan +5V.



Gambar 2.11 Konfigurasi pin-pin mikrokontroler AT89C51

2.10.2 Organisasi Memori

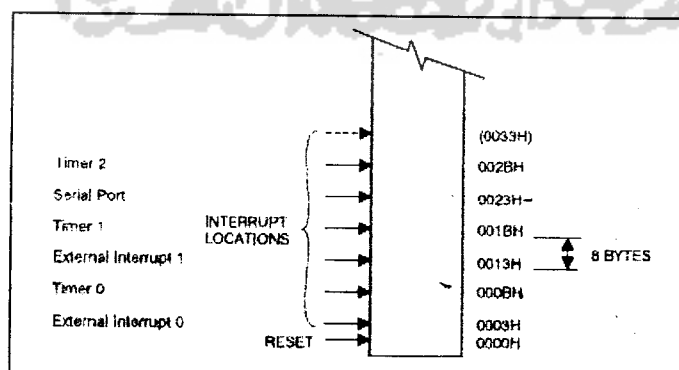
Mikrokontroler AT89C51 mempunyai ruang alamat yang terpisah untuk memori data dan memori program seperti ditunjukkan dalam gambar 2.12. Pemisahan memori data dan memori program tersebut membolehkan memori data untuk diakses oleh alamat 8 bit.



Gambar 2.12 Struktur memory mikrokontroler AT89C51

2.10.3 Memori Program

Memori program adalah memori jenis EPROM yang digunakan untuk menyimpan program instruksi-instruksi yang akan dieksekusi oleh CPU. Setelah di reset CPU akan memulai eksekusi pada alamat 0000H. Tapi jika *Interrupt* diaktifkan maka eksekusi akan menuju lokasi tertentu yaitu untuk *interrupt* 0 eksekusi akan dimulai pada 0003H dan seterusnya dengan interval 8 byte, jika yang dijalankan melebihi 8 byte. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam gambar 2.13



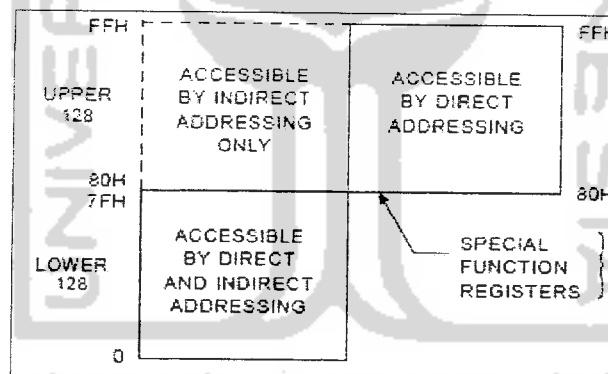
Gambar 2.13 Memori program

Memori program dapat berada di luar chip secara keseluruhan yaitu dengan menghubungkan EA (External Acces) ke Vss. Sedangkan untuk mengakses program memori internal pin EA dihubungkan ke Vcc.

2.10.4 Memori Data

Seperti yang ditunjukkan dalam gambar bahwa dalam mikrokontroler AT89C51 terdapat memori data internal dan eksternal. Sinyal pembacaan untuk memori data eksternal berasal dari pin RD dan penulisan berasal dari pin WR.

Pemetaan memori data internal ditunjukkan dalam Gambar 2.14. Ruang memorinya dibagi menjadi tiga blok yaitu sebagai *lower128*, *upper 128* dan ruang SFR (*special Function Register*)



Gambar 2.14 Memori data internal

Memori data bagian bawah sebanyak 128 byte ditunjukkan dalam gambar 2.14. Memori 32 byte yang terbawah dikelompokkan menjadi 4 bank dari register yang biasa disebut sebagai register R0 sampai R7

2.11 Unit Peraga LED *Seven Segment*

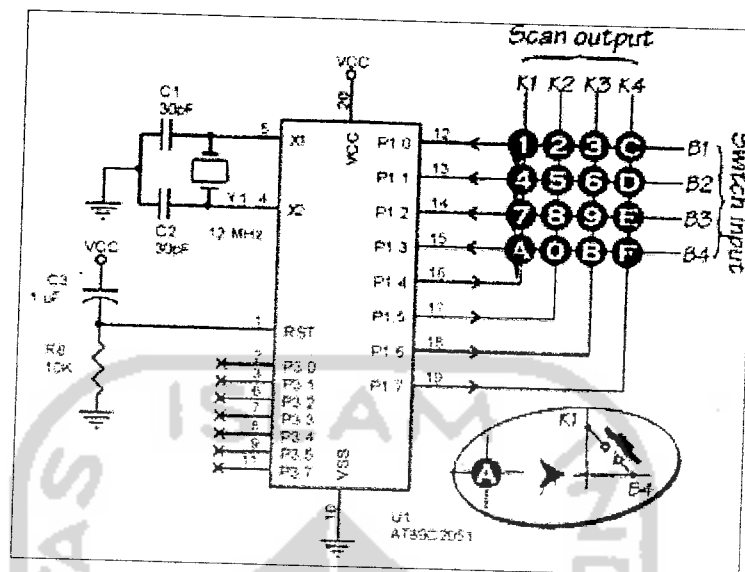
Peralatan keluaran yang sangat umum digunakan untuk menampilkan bilangan dasimal adalah peraga LED tujuh segment (*seven segment*), yaitu suatu tampilan elektronik yang terbuat dari tujuh LED dengan sebuah kaki bersama (*common*). Ketujuh segmen dari peraga tersebut diberi label a sampai g. Arus yang dibutuhkan LED pada setiap segmen adalah 18mA. Komponen ini berfungsi sebagai penampil untuk set poin dan suhu ruang sauna yang dibaca oleh sensor suhu.



Gambar 2.15 Fisik seven segment

2.12 Interface Keypad

Matrik Keypad 4x4 merupakan susunan 16 tombol membentuk keypad sebagai sarana masukan ke mikrokontroler, meskipun jumlah tombol ada 16 tapi hanya memerlukan 8 jalur port paralel, seperti terlihat dalam Gambar 2.16. Key pad merupakan kumpulan dari beberapa saklar sehingga dapat digunakan sebagai piranti masukan pada mikrokontroler. Keypad ini digunakan untuk menentukan set poin suhu ruang sauna.



Gambar 2.16 Konstruksi keypad 4x4

Dalam rangkaian Gambar 2.16, masing-masing tombol menghubungkan sebuah jalur output (K1; K2; K3 atau K4) ke sebuah jalur input (B1; B2; B3 atau B4), seperti yang digambarkan secara rinci dalam bulatan bagian kanan bawah gambar, tombol “A” menghubungkan jalur K1 ke jalur B4. Kerja dari rangkaian keypad ini sepenuhnya dilaksanakan dengan perangkat lunak.

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

PENGHASIL UAP PANAS PADA KAMAR MANDI SAUNA

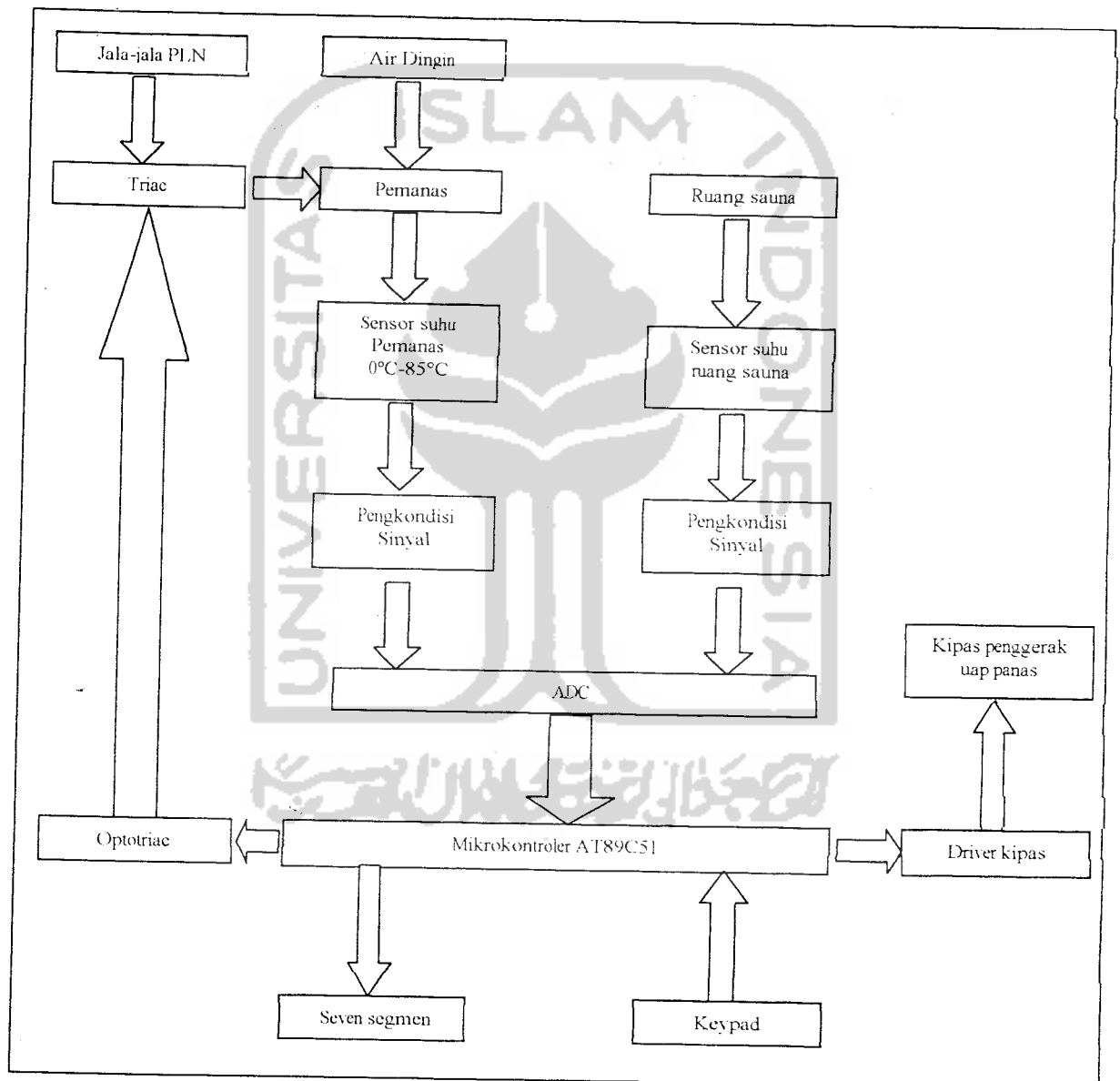
Pada bab ini menjelaskan tentang proses perancangan dan pembuatan sistem pengaturan suhu uap panas pada ruang mandi sauna. Perancangan dilakukan dengan membuat blok diagram sistem agar dapat bekerja sesuai dengan perancangan sistem secara keseluruhan.

Perancangan sistem pengaturan suhu uap panas pada ruang mandi sauna ini terdiri dari perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras meliputi rangkaian driver pemanas, transistor *switching*, driver kipas penggerak uap panas, rangkaian sensor suhu, rangkaian pengkondisi sinyal analog, rangkaian *Analog to Digital Converter* (ADC), system mikrokontroler AT89C51, rangkaian keypad, rangkaian penampil berupa *seven segmen*. Sedangkan perancangan perangkat lunak terdiri dari program utama, program driver keypad, driver pemanas, driver kipas. Perangkat lunak ini diperlukan untuk mengendalikan sistem mikrokontroler AT89C51 sehingga *hardware* bisa bekerja sesuai fungsinya.

Pada dasarnya perancangan pengaturan suhu uap panas pada ruang mandi sauna ini merupakan pengaturan kerja dari pemanas dan kipas penggerak uap panas untuk menghasilkan perubahan temperatur sesuai dengan yang diinginkan.

3.1 Blok Diagram Rangkaian

Perancangan blok diagram rangkaian secara keseluruhan ditunjukkan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian

Sesuai dengan blok diagram yang ditunjukkan dalam gambar 3.1, maka peralatan yang dirancang terdiri atas:

- Rangkaian driver pemanas yang akan menghidupkan pemanas dan sekaligus mengisolasinya dari rangkaian berikutnya. Driver ini menggunakan komponen triac dan optotriac.
- Rangkaian driver kipas penggerak uap panas ke dalam ruang sauna.
- Rangkaian sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi suhu, yang mana akan mengubah besaran suhu menjadi listrik dalam tegangan.
- Rangkaian pengkondisi sinyal analog yang berfungsi untuk mengkondisikan sinyal keluaran sensor yang diumpankan ke ADC sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pada rangkaian ini menggunakan 2 macam penguat, yaitu: penguat beda dan penguat *non inverting*.
- ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk merubah besaran analog keluaran sensor suhu menjadi data digital. Menggunakan ADC 0808 dengan teknik konversi dengan metode pendekatan berturut-turut untuk mengkonversikan masukan analog 0 sampai 5 Volt menjadi data digital 8 bit yang *ekivalen*.
- Sistem mikrokontroler AT89C51 sebagai pengendali utama.
- Rangkaian keypad berfungsi untuk *set point* suhu ruang sauna sesuai dengan apa yang diinginkan.
- Unit penampil (*seven segmen*) untuk menampilkan nilai set-point dan nilai suhu yang sedang dideteksi.

3.2 Prinsip Kerja Rangkaian

Rangkaian ini menggunakan catu daya dari jala-jala PLN 220 V dengan frekuensi 50 Hz. Proses pemanas akan bekerja memanaskan air hingga menghasilkan uap panas yang diinginkan yaitu dalam pemanas diset pada rentang suhu 80°C sampai bersuhu 85°C , tujuannya, agar uap panas hasil pemanasan tetap stabil dan air tidak cepat habis.

Untuk menggerakkan uap panas ke dalam ruangan dimanfaatkan kipas. Kipas akan bekerja menggerakkan uap panas ke dalam ruangan hingga suhu ruang mandi sauna mencapai suhu yang diinginkan sesuai dengan tombol keypad yang ditekan. Kipas akan berhenti bekerja bila suhu ruang melebihi 1°C dari suhu yang diinginkan dan akan kembali bekerja bila suhu ruang sauna kurang dari 1°C dari suhu yang diinginkan. Proses tersebut bekerja terus-menerus selama penggunaan ruang mandi sauna.

Untuk mengontrol tegangan agar proses pemanasan tetap pada suhu 80°C - 85°C digunakan driver pemanas yang terdiri atas komponen triac dan optotriac. Pemilihan triac dan optotriac dalam perancangan alat ini dibandingkan dengan relay adalah komponen relay terdiri dari kumparan yang dililitkan dalam sebatang besi dan setiap picunya terjadi gesekan antara dua kutub yang dapat menimbulkan bunga api, sehingga jika digunakan untuk mempertahankan tegangan yang diinginkan dalam proses pemanasan air dapat membahayakan proses kerja sistem.

Triac dan optotriac memiliki kelebihan dibandingkan dengan komponen relay yaitu triac dan optotriac tidak menimbulkan bunga api. Proses kerja triac dan

optotriac terdiri dari dua diode yang bekerja berlawanan. Optotriac dapat digunakan untuk menghubungkan satu rangkaian ke rangkaian yang lain tanpa melakukan kontak fisik secara langsung. Optotriac disebut juga isolator karena sering digunakan untuk mengisolasi hubungan dua buah rangkaian secara aman.

Proses selanjutnya yaitu pembacaan suhu dengan menggunakan sensor suhu IC LM35 sebagai transduser yang mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu IC LM35 mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu dengan jangkauan operasi suhu -55°C sampai 150°C . IC ini mempunyai ketelitian dan kecepatan yang tinggi serta mempunyai jangkauan yang memadai untuk pengontrolan yang umum.

Untuk proses pembacaan sensor suhu dalam bentuk tegangan digunakan rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari penguat beda dan penguat tak membalik. Penguat beda merupakan penguat yang kegunaannya sebagai pengurang pada alat ini. Penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*) adalah penguat yang sinyal masukannya diberikan ke masukan *non-inverting* (terminal positif). Sinyal keluaran diumpan balikkan ke masukan *inverting* (terminal negative). Penguat tak membalik menghasilkan sinyal keluaran sefasa dengan masukan.

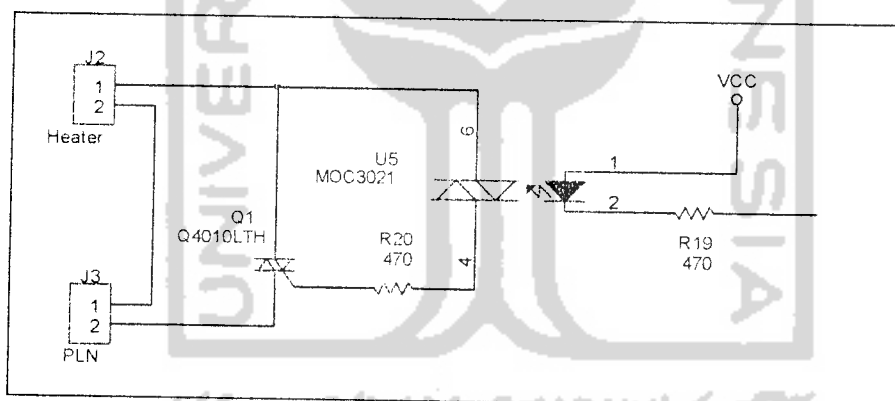
Sebelum proses pengolahan data dilakukan oleh mikrokontroler data yang masih berupa nilai tegangan diubah ke dalam data biner melalui ADC0808. Untuk pengendalian dari semua sistem dan penghematan komponen lainnya maka digunakan mikrokontroler AT89C51.

3.3 Perancangan Perangkat Keras

3.3.1 Rangkaian *Driver* Pemanas

Rangkaian penghubung antara rangkaian mikrokontroler dengan pemanas (*heater*) dibutuhkan rangkaian *driver* (kemudi). Rangkaian tersebut adalah optotriac dan triac. Perancangan rangkaian *driver* pemanas ini dapat dilihat dalam gambar 3.2

Optotriac MOC 3021, yang berguna sebagai coupler dan isolator antara rangkaian mikrokontroler dan triac atau sebagai rangkaian pengaman di dalam sistem ini dan triac Q4010LTH difungsikan untuk saklar pemanas air.



Gambar 3.2 Rangkaian *driver* pemanas

Optotriac digunakan untuk pemecuan triac dan juga untuk mengisolasi mikrokontroler dengan pemanas yang menggunakan jala-jala 220 V, frekuensi 50Hz. Optotriac akan memicu triac OFF apabila mendapatkan pulsa logika tinggi dari mikrokontroler AT89C51 yaitu 5 V. Selanjutnya triac akan ON apabila optotriac mendapatkan pulsa logika rendah dari mikrokontroler AT89C51 yaitu 0V.

3.3.2 Pemanas (*Heater*) dan Kipas penggerak uap panas

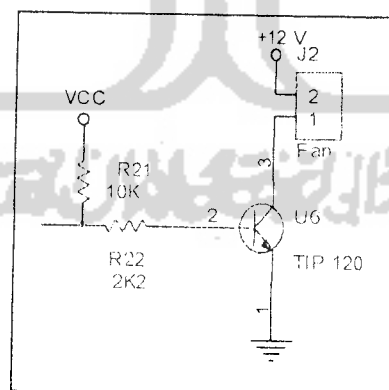
Pemanas merupakan suatu komponen yang cukup penting dalam sistem ini karena pemanas (*heater*) ini akan memberikan uap panas dari pemanasan air.

Besarnya energi pemanasan (daya) yang akan dikondisikan oleh pemanas ini tergantung pada besarnya nilai suhu dan daya yang telah diset dalam mikrokontroler.

Kipas angin digunakan untuk menggerakkan uap panas yang dihasilkan oleh pemanasan air ke dalam ruang sauna. Kipas angin yang digunakan adalah kipas angin dengan sumber tegangan DC sebesar 12V dan kebutuhan arus sebesar 12,6mA. Angin yang dihembuskan cukup untuk menggerakkan uap panas dalam ruang sauna.

3.3.3 Rangkaian *Driver* Kipas Penggerak Uap Panas

Rangkaian *driver* yang digunakan untuk menggerakkan nilai yang terhubung dengan kipas angin terdiri transistor TIP 120 yang difungsikan sebagai transistor *switching*. Rangkaian driver kipas penggerak uap panas ditunjukkan dalam gambar 3.3



Gambar 3.3 Rangkaian *Driver* kipas penggerak uap panas

Tegangan dari mikrokontroler dihubungkan dengan driver kipas penggerak uap panas sehingga kipas akan terus diaktifkan selama proses pengisian uap panas dalam ruang sauna terpenuhi.

3.3.4 Rangkaian Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang digunakan adalah IC LM35 keluaran Nasional Semikonduktor dengan pertimbangan antara lain rangkaian sederhana, keluaran linear terhadap suhu, terkalibrasi secara langsung dalam derajat Celcius, harga terjangkau dan mudah didapatkan.

IC LM35 mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah, mempunyai sensitivitas $\pm 10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ dan jangkauan operasi suhu -55°C - 150°C . Tegangan catu yang digunakan $5V_{dc}$. Tegangan keluaran dari sensor adalah $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ (*datasheet*).

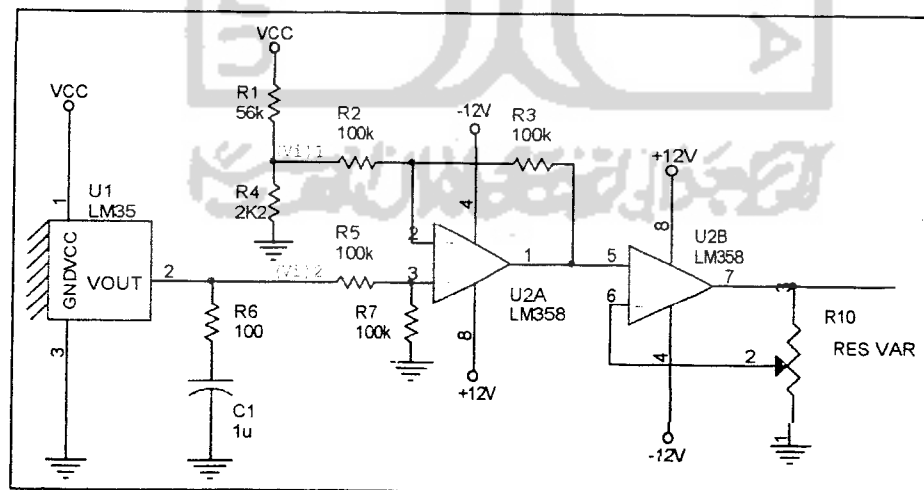
Jangkauan pengaturan suhu yang direncanakan adalah 0°C - 85°C (suhu pemanas) dan 30°C - 55°C (suhu ruang sauna), sehingga keluaran sensor adalah 0 mV - 800 mV (pemanas) dan 300 mV - 550 mV (ruang sauna). Keluaran dari sensor suhu selanjutnya dihubungkan ke pengkondisi sinyal. Tabel 3.1 menunjukkan hubungan antara suhu dan tegangan keluaran. Keluaran suhu selanjutnya dihubungkan ke pengkondisi isyarat.

Tabel 3.1 Hubungan antara suhu dan tegangan keluaran sensor

Suhu (°C)	Vout (mV)
1	10
-	-
-	-
30	300
-	-
45	450
-	-
80	800
-	-
85	850

3.3.5 Rangkaian Pengkondisi Isyarat

Unit pengkondisi isyarat ini berfungsi menguatkan sinyal keluaran dari sensor suhu. Sensor suhu berupa LM35 yang mengeluarkan tegangan dalam *orde* mikrovolt, sehingga untuk dapat dibaca ADC perlu dikuatkan lagi.



Gambar 3.4 Rangkaian pengkondisi Isyarat

Dari rangkaian diatas dapat diketahui besarnya penguatan, adapun proses penguatannya adalah sebagai berikut:

Input 2 deferensial $(Vi)_2$ berubah-ubah sesuai dengan output dari sensor LM35. Keluaran dari sensor ini mengalami perubahan 10 mV untuk setiap kenaikan suhu 1°C.

Input 1 deferensial $(Vi)_1$ terdapat pada kaki 4 LM358.

$$R_{\text{seri}} = R1 + R4$$

$$= 2200 \, \Omega + 56000 \, \Omega = 58200 \, \Omega = 58,2 \, \text{k}\Omega$$

$$\begin{aligned} I_{\text{total}} &= \frac{V_{cc}}{R_{\text{seri}}} \\ &= \frac{5V}{58,2 \, \text{k}\Omega} = 0,0859 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (Vi)_1 &= I_{\text{total}} \times R1 \\ &= 0,0859 \times 2,2 \, \text{k}\Omega \\ &= 0,189 \, \text{V} = 189 \, \text{mV} \end{aligned}$$

Karena $R2=R3=R5=R7$

$$\begin{aligned} \text{Maka } V_o \text{ deferensial} &= \frac{R7}{R5} [(Vi)_2 - (Vi)_1] \\ &= \frac{R3}{R2} [(Vi)_2 - (Vi)_1] \\ &= (Vi)_2 - (Vi)_1 \end{aligned}$$

Agar sesuai dengan penguatan yang diinginkan maka digunakan lagi rangkaian non-inverting dengan menggunakan resistor variabel dengan tujuan agar

mudah dalam mengatur hambatan yang diinginkan untuk mencapai penguatan yang sesuai. Dalam rangkaian tersebut angka penguatannya adalah:

$$|A| = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$= \frac{1034}{82} = 12.6 \approx 13 \quad (\text{Penguatan pada suhu } 27^{\circ}\text{C})$$

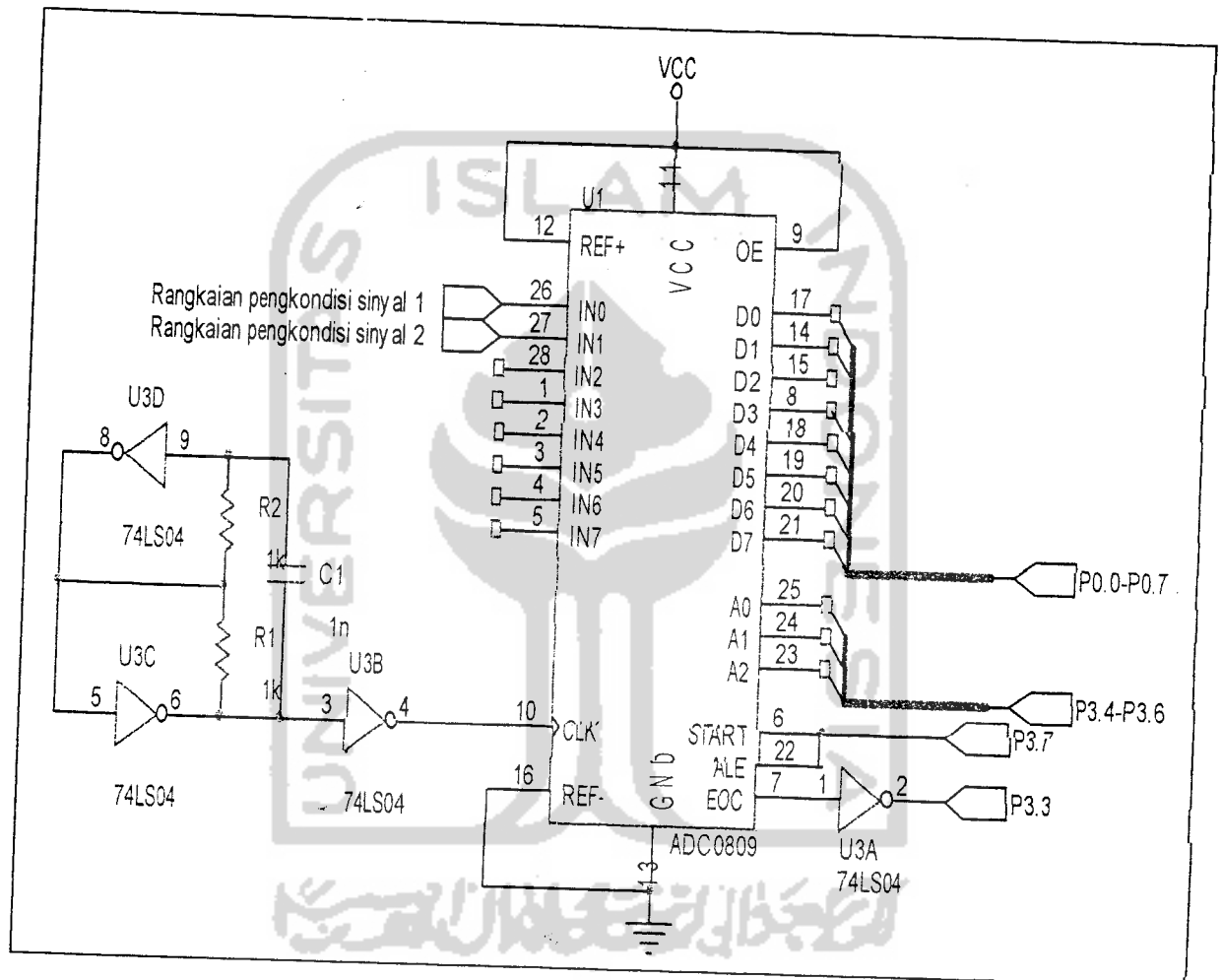
Penguatan dalam perancangan tersebut adalah 13 karena suhu dalam ruang sauna tersebut dirancang pada set pointnya 20°C sampai 60°C . Dalam rangkaian ini menggunakan dua buah op-amp LM 358 yang digunakan pada sensor LM35 yang berfungsi sebagai pengontrol pemanas dan suhu ruang sauna. Seluruh rangkaian op-amp dapat dilihat pada Gambar 3.4 di atas.

Output sensor dihubungkan ke *input* rangkaian op-amp pada kaki 3 yang akan digunakan sebagai pengurang dan diteruskan pada kaki 5 yang berfungsi sebagai penguat, dimana data yang sebelumnya diperkecil akan dikuatkan dengan tujuan agar tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan ADC. Besarnya penguatan didapat dengan mengubah nilai potensiometer yang diperlukan pada saat kalibrasi output dari kaki 1 LM 358 ke kaki 5 LM 358 untuk diumpankan ke input ADC. Sehingga data nantinya dapat dibaca oleh ADC dan diteruskan pada rangkaian mikrokontroler.

3.3.6 Rangkaian Analog to Digital Converter (ADC)

Untuk dapat diproses oleh mikrokontroler, sinyal harus dalam bentuk digital. Untuk itu sinyal dari sensor suhu setelah diperkuat harus dikonversikan dahulu menjadi bentuk digital dengan rangkaian converter. Rangkaian yang digunakan

adalah ADC 0808. Alasan penggunaan komponen ini karena ADC 0808 memiliki 8 bit masukan dan 8 keluaran sehingga mempermudah perluasan dan pengembangan dari alat ini.



Gambar 3.5 Kaki-kaki ADC 0808

Konversi tegangan analog ke digital dari ADC0808 menggunakan metode SAR (*successive approximation register*) dengan resolusi 8 bit dan waktu konversi 100 μ s. ADC tipe ini merupakan komponen akuisisi data dengan 8 bit A/D konverter, 8 buah masukan yang dimultipleks dan kompatibel dengan kontrol logika

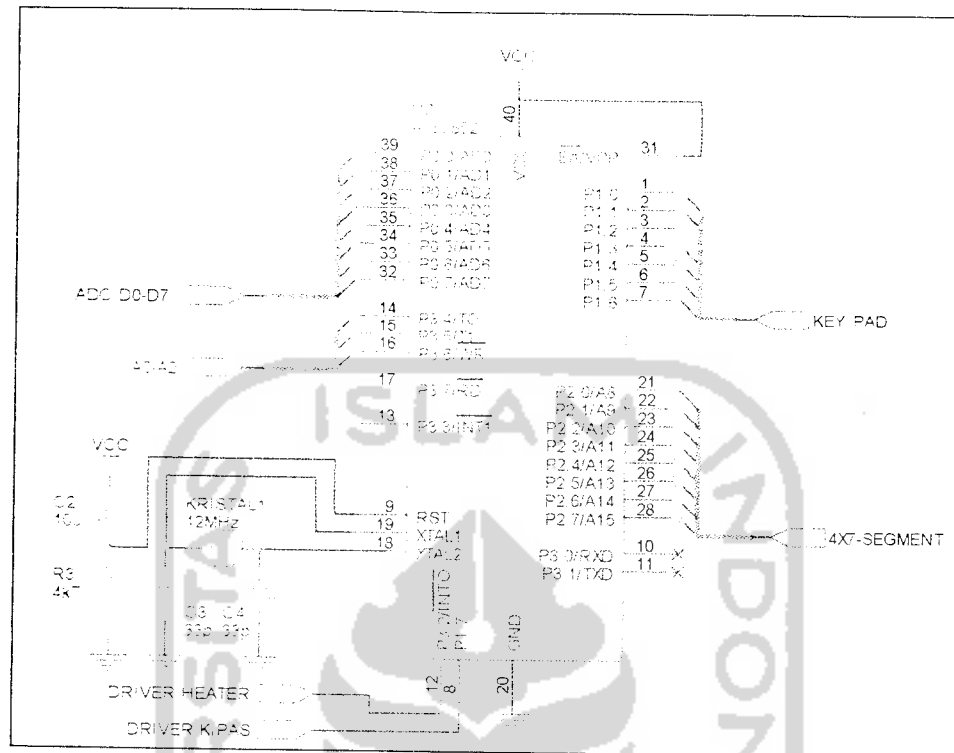
mikroprosesor. 8 buah kanal atau masukan memungkinkan untuk memproses secara langsung 8 buah sinyal atau masukan analog. Gambar 3.7 menunjukkan rangkaian ADC 0808. Karena keluarannya 8 bit maka tingkatan yang dihasilkan oleh rangkaian ini adalah sebanyak 255 level. Perbedaan nilai tegangan pada masing-masing level ini ditentukan dengan besarnya tegangan referensi yang diberikan pada IC ini yang dimasukan pada pin 12 dan 16.

Jalur masukan dari IC ADC yang sebanyak 8 buah hanya digunakan 2 saja yang pada rangkaian digunakan jalur masukan IN0 dan IN1 atau pada pin IC no 26 dan 27. Sebenarnya jalur masukan dari IC ini adalah merupakan *multiplexer* yang dipasang padanya. Untuk menentukan alamat masukan mana yang akan dibaca oleh IC ini maka penentuannya dilakukan dengan memberikan masukan alamatmasukan pada kaki IC nomor 25, 24, 23 (A0, A1, A2). Untuk kaki 11 pada IC ini dihubungkan ke Vcc dan kaki 13 dihubungkan ke ground.

IC ADC 0808 ini memerlukan *clock* sebagai syarat bekerjanya dan sebagai pembangkit *clock* untuk IC ini digunakan IC 74LS04 yang merupakan IC *inverter* berisi 6 buah gerbang NOT. *Clock* ini dihubungkan pada kaki 10 pada IC ADC0808.

3.3.7 Sistem Mikrokontroler AT89C51

Sistem mikrokontroler AT89C51 merupakan piranti pengendali utama. Untuk membuat sitem ini bekerja dibutuhkan beberapa komponen tambahan. Gambar rangkaian system mikrokontroler ditunjukkan dalam gambar3.6



Gambar 3.6 Rangkaian sistem mikrokontroler

Kristal dengan frekuensi 12 MHz serta 2 buah kapasitor 30pF digunakan untuk menggerakkan isolator internal. Dipilihnya Kristal 12MHz untuk mempermudah perhitungan dalam penentuan siklus instruksi mikrokontroler. Satu siklus instruksi AT89C51 adalah 12 dibagi frekuensi osilator, sehingga satu siklus mikrokontroler lamanya 1 μ s. Pemilihan C1 dan C2 sebesar 30pF sesuai ketentuan data sheet AT89C51.

Mikrokontroler menggunakan rangkaian power ON reset, yang mereset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dijalankan. Rangkaian power ON reset tersusun dari sebuah kapasitor 10 μ F dan resistor 4K7 Ohm. Saat catu daya dinyalakan rangkaian reset akan menahan logika tinggi pada pin RST

Dalam system mikrokontroler ini direncanakan penggunaan port-port yang tersedia sebagai berikut:

Port0.0-Port0.7	: Menerima data dari ADC 0808 sensor suhu.
Port1.0-Port1.6	: Dihubungkan ke rangkaian key pad
Port1.7	: Dihubungkan ke driver kipas
Port2.0-Port2.7	: Dihubungkan ke rangkaian 7-segment display
Port3.0-Port3.1	: Dihubungkan ke IC 74LS 139
Port3.2	: Dihubungkan ke driver pemanas
Port3.3	: Dihubungkan ke EOC dari ADC 0808
Port3.4	: Dihubungkan ke A0 dari ADC
Port3.5	: Dihubungkan ke A1 dari ADC
Port3.6	: Dihubungkan ke A2 dari ADC
Port3.7	: Dihubungkan ke START dan ALE dari ADC

3.3.8 Unit Peraga 7-segmen

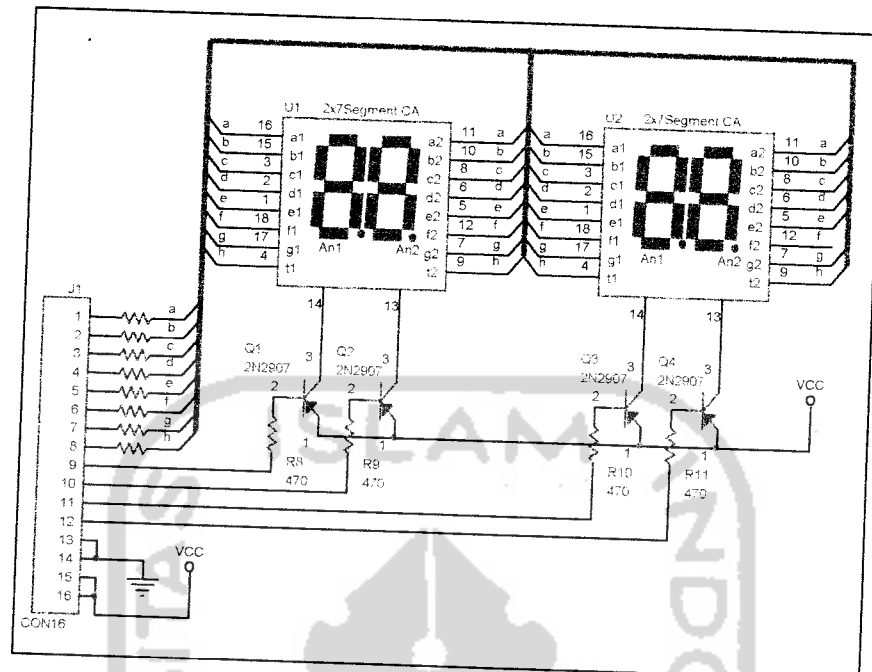
Unit peraga ini berfungsi sebagai pengubah kode-kode biner menjadi angka desimal yang ditampilkan dalam *seven segmen*. Besarnya resistansi tiap segmannya adalah sama, yaitu dihitung dengan rumus berikut:

$$V_{cc} = 5 \text{ Volt}$$

$$V_{LED} = 0,3 \text{ Volt}$$

$$I_{LED} = 10\text{mA}$$

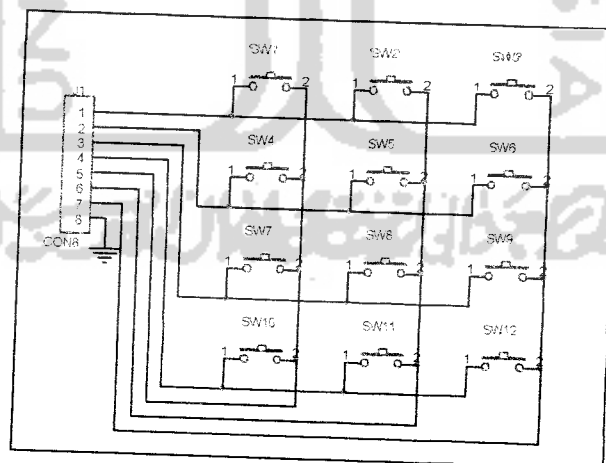
$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} = \frac{5V - 0,3V}{10^{-2} A} = 470\Omega$$



Gambar 3.7 rangkaian unit peraga 7-segmen

3.3.9 Interface Keypad 4x3

Keypad 4x3 di sini adalah sebuah keypad matrix dengan susunan empat baris dan tiga kolom.



Gambar 3.8 Konstruksi keypad 4x3

Matrik Keypad 4x4 merupakan susunan 12 tombol membentuk keypad sebagai sarana masukkan ke mikrokontroler, meskipun jumlah tombol ada 12 tapi hanya memerlukan 7 jalur port paralel, seperti terlihat dalam Gambar 3.8.

3.4 Perancangan Perangkat Lunak

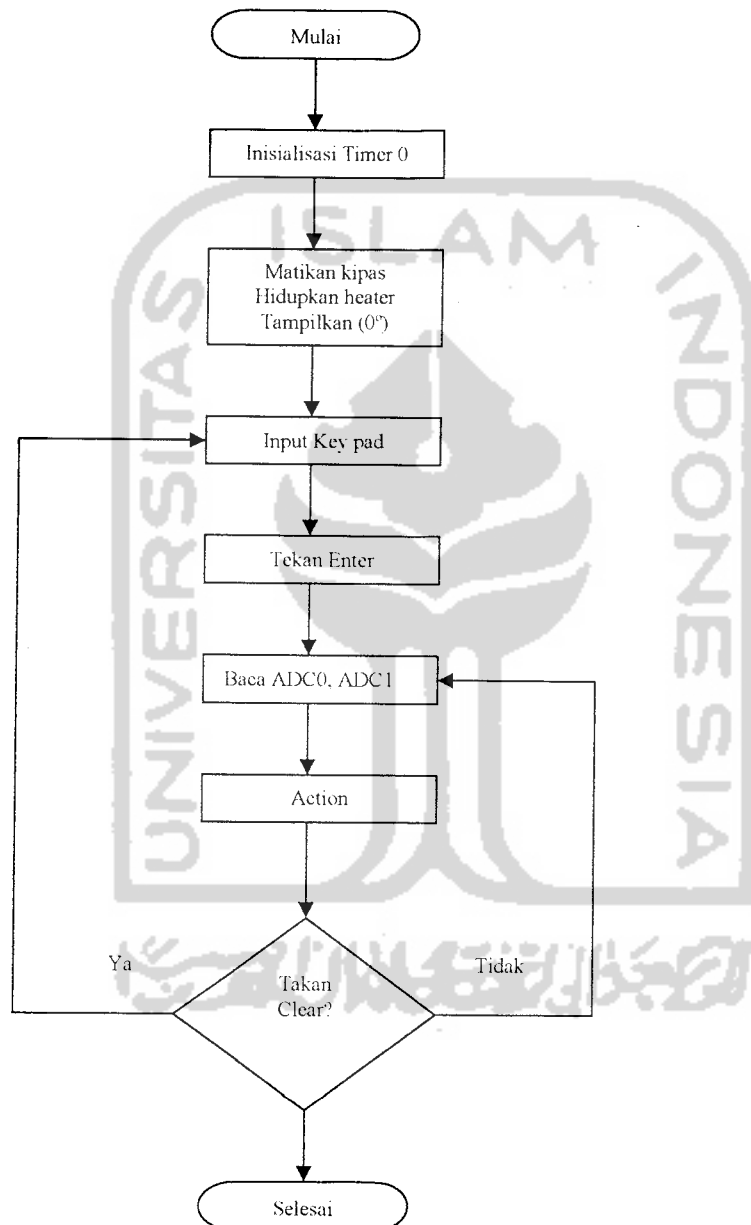
Bahasa pemrograman yang biasa digunakan adalah bahasa assembly, kemudian dikembangkan kompailer untuk bahasa tingkat tinggi. Untuk mikrokontroler keluarga MCS-51 bahasa tingkat tinggi yang dikembangkan antara lain, Basic, Pascal dan C. Bahasa C dikenal sebagai bahasa yang fleksibel dan mempunyai kemampuan yang sangat tinggi. Karena itu, banyak program-program komputer yang dibuat dengan menggunakan bahasa C.

Perancangan perangkat lunak (*software*) digunakan untuk memudahkan penyusunan program. Perangkat lunak itu sendiri diperlukan untuk mengatur kerja mikrokontroler sehingga dapat mengendalikan system perangkat keras. Perangkat lunak ditulis dalam bahasa C dan penulisannya sesuai dengan spesifikasi sistem yang telah ditentukan.

Untuk memudahkan perancangan perangkat lunak maka digunakan diagram alir. Diagram alat terdiri dari diagram alir tiap- tiap program:

3.4.1 Diagram alir program utama

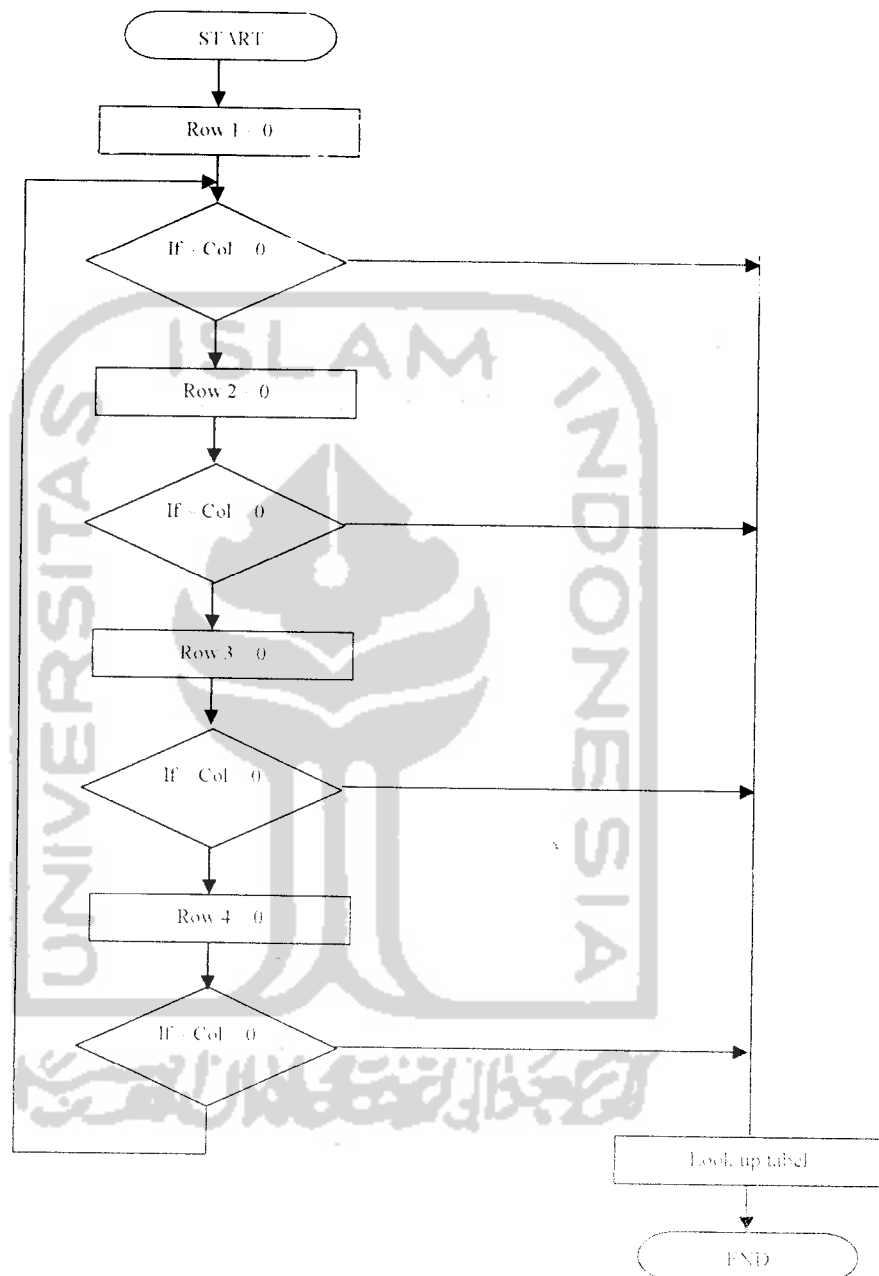
Diagram alir program utama ditunjukkan dalam gambar 3.9



Gambar 3.9 Diagram alir program utama

Dari diagram alir tersebut dapat dijelaskan bahwa setelah menekan saklar maka akan menghidupkan heater, mematikan kipas, serta menampilkan 0° pada display. Langkah selanjutnya menekan keypad untuk menentukan suhu yang kita inginkan dalam ruang sauna dengan diakhiri dengan menekan tombol enter, kemudian mikrokontroler akan membaca ADC 0 yang mana digunakan sebagai input dari sensor pengontrol suhu ruang sauna, sedangkan ADC 1 digunakan sebagai input dari sensor pengontrol suhu heater. Heater akan mati jika suhu mencapai 85 °C dan akan hidup kembali pada suhu 80 °C, kondisi tersebut berlangsung terus sampai alat penghasil sauna tersebut dimatikan. Begitu juga kipas yang digunakan untuk menyembrot uap panas ke dalam ruang sauna, akan mati jika melebihi suhu set poin+1 yang diinginkan dan akan kembali hidup apabila suhu ruang sauna kurang dari suhu set poin-1, sehingga didapat suhu ruang sauna yang stabil dan sesuai dengan yang diinginkan, begitu kondisi tersebut berjalan seterusnya, sampai ada penekanan pada tombol clear. Jika tombol clear ditekan maka kipas akan mati, display 0° dan heater tetap hidup, lalu dapat menekan kembali nilai set poin yang diinginkan pada keypad sehingga akan didapat suhu ruang mandi sauna sesuai yang diinginkan. Meskipun setelah ditekan tombol clear pemanas tetap hidup, namun uap panas dari pemanas tidak akan langsung masuk kedalam ruang sauna sebelum ditekan tombol enter. Sistem akan berhenti bekerja jika ditekan saklar ON/OFF dimatikan.

3.4.2 Diagram alir Keypad



Gambar 3.10 Digram alir program keypad

Kerja dari rangkaian keypad ini sepenuhnya dilaksanakan dengan perangkat lunak, yang diwujudkan sebagai sub-rutin berikut:

Potongan program : sub rutin untuk mendeteksi keypad

```

#define row1      P1_0
#define row2      P1_1
#define row3      P1_2
#define row4      P1_3

#define col1      P1_4
#define col2      P1_5
#define col3      P1_6

unsigned char key() //sub rutin untuk mendeteksi keypad
{
    unsigned char baris=4, kolom=3;
    code unsigned char key_tabel[12] =
    { 1, 2, 3,
      4, 5, 6,
      7, 8, 9,
      10, 0, 11
    };
    while(1)
    {
        row1=row2=row3=row4=col1=col2=col3=1;
        row1=0;
        if(!col1 || !col2 || !col3)
        {
            baris=0;goto tekan;
        }
        row1=1;row2=0;
        if(!col1 || !col2 || !col3)
        {
            baris=1;goto tekan;
        }
        row2=1;row3=0;
        if(!col1 || !col2 || !col3)
        {
            baris=2;goto tekan;
        }
        row3=1;row4=0;
        if(!col1 || !col2 || !col3)
        {
            baris=3;goto tekan;
        }
    }
}

```

```

    }
    tekan:
    if(!col1 || !col2 || !col3)
    {
        if(!col1)kolom=0;
        else if(!col2)kolom=1;
        else if(!col3)kolom=2;
        if(baris<4)return(key_tabel[baris * 3 + kolom]);
    }
}
}

```

Jalur col1 sampai col3 merupakan port 1 jalur 4 sampai 6 (**P1.4...P1.6**). Jalur row1 sampai row4 merupakan port 1 jalur 0 sampai 3 (**P1.0...P1.3**). Artinya setengah dari port 1 dipakai sebagai row dan setengah lagi dipakai sebagai col. Dalam hal semacam ini agar jalur input bisa berfungsi sebagaimana semestinya, saat mengirim data ke port 1 harus diusahakan jalur jalur yang menjadi row selalu dalam kedudukan '1', seperti terlihat dalam program, bit 0 sampai bit 3 yang dikirimkan ke port 1 semuanya adalah '1'.

Sebaliknya saat mengambil data dari port 1, data yang pernah dikirim ke jalur col (**P1.4...P1.6**) akan ikut ambil bersama data pada jalur row, sehingga data yang dikirim dan data yang diambil bisa dibandingkan lewat instruksi pada program.

Dua belas tombol pembentuk keypad diperiksa keadaannya lewat program dalam 4 kali pembacaan. Row 1 (**P1.4**) di-nol-kan sedangkan 6 jalur Port 1 lainnya dalam keadaan '1', dalam keadaan semacam ini **P1.0** sampai **P1.3** akan siap sebagai input, kalau saat ini salah satu dari tombol "1", "4", "7" atau "10" ada yang ditekan akan mengakibatkan salah satu jalur input **P1.0...P1.3** menjadi '0'. Keadaan ini

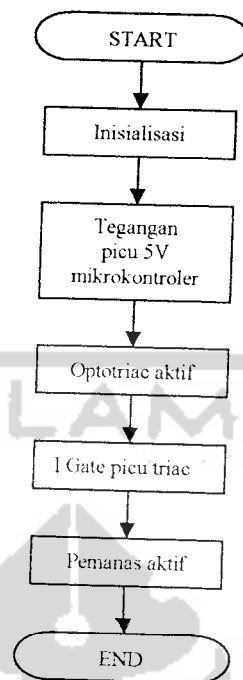
membuat data yang diambil dari Port 1 berlainan dengan data yang tadi dikirim ke Port 1, sehingga lewat instruksi mikrokontroler bisa menentukan bahwa saat itu ada tombol yang ditekan dan harus di Periksa lebih lanjut.

Jika saat itu salah satu dari tombol “1”; “4”; “7” atau “10” tidak ada yang ditekan, atau yang ditekan adalah tombol yang berada pada kolom 2; 3 atau 4 (misalnya tombol “2”; “3” atau yang lainnya), semua jalur input (P1.0 .. P1.3) tetap dalam keadaan “1”, sehingga saat mikrokontroler membaca Port 1 dan membandingkan dengan data yang tadi dikeluarkan ke Port 1 lewat instruksi, mikrokontroler akan merasakan tidak ada tombol yang ditekan dan meneruskan instruksi selanjutnya.

Hal-hal tersebut di atas diulang untuk kolom 2, jika ternyata tidak ada tombol yang ditekan dilanjutkan dengan memeriksa kolom. Setelah memeriksa kolom 3, jika ternyata tidak menemukan ada tombol yang ditekan, Mikrokontroler akan meninggalkan sub-rutin mendeteksi Keypad, tapi sebelum itu pada bit *Carry* di-nolkan, sebagai tanda bahwa tidak ada tombol yang ditekan.

3.4.3 Diagram alir driver pemanas

Diagram alir driver pemanas ditunjukkan dalam gambar 3.13



Gambar 3.11 Diagram alir driver pemanas

Pengendali pemanas pada perancangan ini menggunakan TRIAC atau dioda 2 arah yang dihubungkan ke optotriac MOC 3021 yang berfungsi untuk menyekat antara antara tegangan rendah dari mikrokontroler dan tegangan tinggi dari jala-jala listrik. Pada diagram alir *driver* pemanas Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa prinsip kerja dari rangkaian ini adalah sebagai pengontrol fasa pada jalur catu daya AC. Bila driver pemanas diberi logika rendah maka arus akan mengalir ke *led* yang ada didalam optotriac dan menjenuhkan triac yang ada pada optotriac dan membuat triac membuka sekatan dan menghidupkan *heater*. Dengan mengatur sudut picu pada pembukaan sekatan tegangan triac akan diperoleh hasil pengendalian jumlah tegangan yang masuk menuju heater. Sehingga suhu air dapat dikendalikan.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

ALAT PENGHASIL UAP PANAS PADA RUANG MANDI SAUNA

Untuk mengetahui apakah sistem hasil perancangan berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi perencanaan maka perlu dilakukan pengujian dengan memberikan perubahan pada masukan dan mengamati keluaran dalam blok rangkaian yang diuji tersebut. Data hasil pengujian yang diperoleh merupakan data acuan dalam mengambil kesimpulan.

Pengujian dilakukan pada tiap-tiap blok, diantaranya:

- Pengujian rangkaian driver pemanas
- Pengujian rangkaian driver kipas penggerak uap panas.
- Pengujian rangkaian sensor suhu.
- Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal.
- Pengujian sistem keseluruhan

4.1 Pengujian rangkaian *driver* pemanas

a. Tujuan pengujian

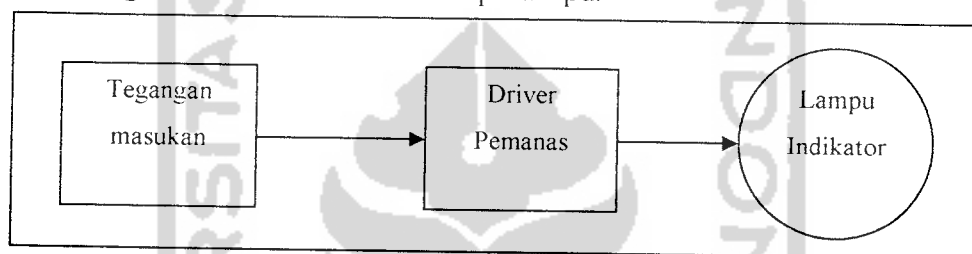
Tujuan pengujian rangkaian *driver* pemanas adalah untuk mengetahui kerja triac dan optotriac dalam menggerakkan pemanas serta mengisolasi sistem mikrokontroler dari sumber ac.

b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya
- Lampu 5watt

c. Prosedur pengujian

- Menghubungkan rangkaian seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.1
- Memberikan tegangan catu 5 volt.
- Mengamati keadaan beban berupa lampu.



Gambar 4.1 Pengujian driver pemanas

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian *driver* pemanas ditunjukkan dalam tabel 4.1. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan antara tegangan masukan analog dan keluaran nyala lampu.

Tabel 4.1 pengujian rangkaian driver pemanas

Masukan	Lampu
5 Volt	ON
0 Volt	OFF

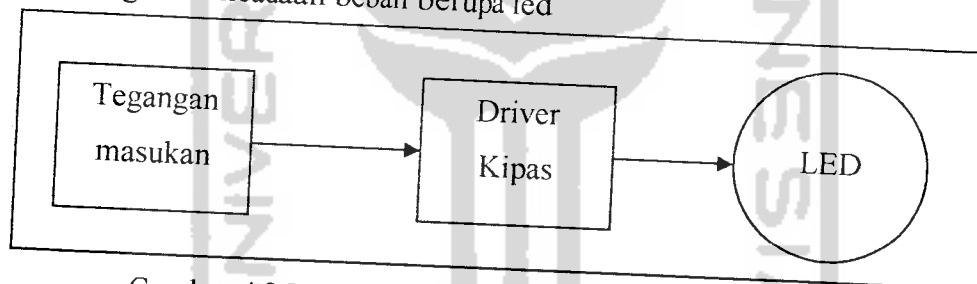
Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil pengujian sesuai dengan yang direncanakan

4.2 Pengujian *driver* kipas penggerak uap panas

a. Tujuan pengujian

Tujuan pengujian rangkaian *driver* kipas penggerak uap panas adalah untuk mengetahui kerja dari transistor sebagai saklar dalam menggerakkan kipas penggerak uap panas. Kipas yang digunakan adalah kipas dengan motor DC. Peralatan yang digunakan:

- Catu daya
 - Led
- b. Prosedur pengujian
- Menghubungkan rangkaian seperti ditunjukkan dalam gambar 4.2
 - Memberikan tegangan catu 5 volt
 - Mengamati keadaan beban berupa led



Gambar 4.2 Pengujian driver penggerak uap panas

- c. Hasil pengujian

Hasil pengujian *driver* kipas ditunjukkan dalam Tabel 4.2. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan antara tegangan masukan analog dan keluaran nyala lampu.

Tabel 4.2 Pengujian driver penggerak uap panas

Masukan	Lampu
5 Volt	ON
0 Volt	OFF

Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil pengujian sesuai dengan apa yang direncanakan

4.3 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

a. Tujuan pengujian

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

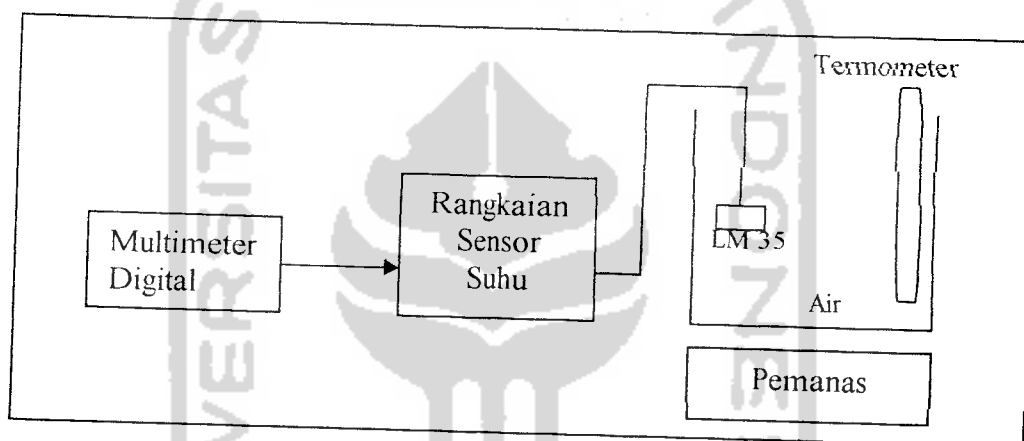
b. Peralatan pengujian

- Pemanas
- Termometer
- Catu daya
- Multimeter digital
- Bejana

c. Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam gambar
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
- Memasukkan sensor suhu ke dalam bejana yang berisi air yang telah dipanaskan.

- Memasukkan thermometer ke dalam bejana untuk mengetahui pembacaan suhu.
- Menaikkan suhu air dengan cara menyalakan pemanas.
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital.
- Pengukuran suhu dimulai dari suhu 27°C-56°C dengan kenaikan tiap 1°C.
- Memasukkan hasil pengujian ke dalam Tabel



Gambar 4.3 Pengujian rangkaian sensor suhu

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 4.3. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan nilai suhu, tegangan keluaran berdasarkan pengukuran, tegangan keluaran berdasarkan perhitungan, dan besar penyimpangan data pengukuran terhadap perhitungan.

Tabel 4.3 Pengujian rangkaian sensor suhu

NO	Suhu (°C)	Tegangan keluaran pengukuran (mV)	Tegangan keluaran perhitungan (mV)	Penyimpangan (%)
1.	27°C	273	270	1,11
2.	28°C	284	280	1,43

Tabel 4.3 Pengujian rangkaian sensor suhu

NO	Suhu (°C)	Tegangan keluaran pengukuran (mV)	Tegangan keluaran perhitungan (mV)	Penyimpangan (%)
3.	29°C	293	290	1,03
4.	30°C	305	300	1,67
5.	31°C	315	310	1,61
6.	32°C	324	320	1,25
7.	33°C	335	330	1,51
8.	34°C	345	340	1,47
9.	35°C	353	350	0,85
10.	36°C	367	360	1,94
11.	37°C	375	370	1,35
12.	38°C	386	380	1,57
13.	39°C	395	390	1,28
14.	40°C	405	400	1,25
15.	41°C	416	410	1,46
16.	42°C	427	420	1,66
17.	43°C	436	430	1,39
18.	44°C	446	440	1,36
19.	45°C	457	450	1,55
20.	46°C	467	460	1,52
21.	47°C	484	470	2,97
22.	48°C	488	480	1,66
23.	49°C	497	490	1,42
24.	50°C	509	500	1,8
25.	51°C	517	510	1,37
26.	52°C	528	520	1,53
27.	53°C	538	530	1,51
28.	54°C	549	540	1,67
29.	55°C	558	550	1,45
30.	56°C	570	560	1,78
Penyimpangan rata-rata				1,48

e. Analisis hasil pengujian

Dalm tabel 4.3 bisa dilihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan suhu adalah linear dan sesuai dengan spesifikasi sensor suhu tersebut.

Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan dalam perancangan bisa dihitung dengan:

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

Adanya penyimpangan dikarenakan:

- Pemasangan nilai resistor yang kurang tepat.
- Pembacaan yang tidak tepat pada thermometer karena untuk skala yang lebih kecil dari satu pembacaan akan sulit.
- Tidak presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan.

4.4 Pengujian Rangkaian Penguat

a. Tujuan pengujian

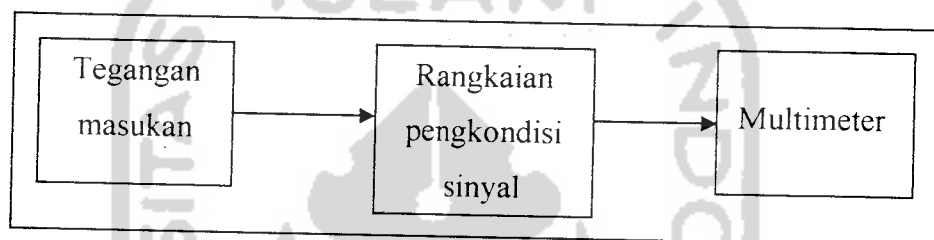
Tujuan pengujian rangkaian penguat adalah untuk membandingkan tegangan keluaran hasil pengamatan dengan hasil perhitungan berdasarkan perubahan tegangan masukan yang direncanakan.

b. Peralatan pengujian

- Catu daya
- Multimeter

c. Prosedur pengujian

- Menyiapkan rangkaian penguat tegangan seperti ditunjukkan dalam gambar
- Memberikan tegangan variable sebagai tegangan referensi pada masukan penguat beda.
- Mengukur tegangan keluaran penguat dan masukkan ke dalam tabel



Gambar 4.4 Pengujian rangkaian penguat

d. Hasil pengujian rangkaian

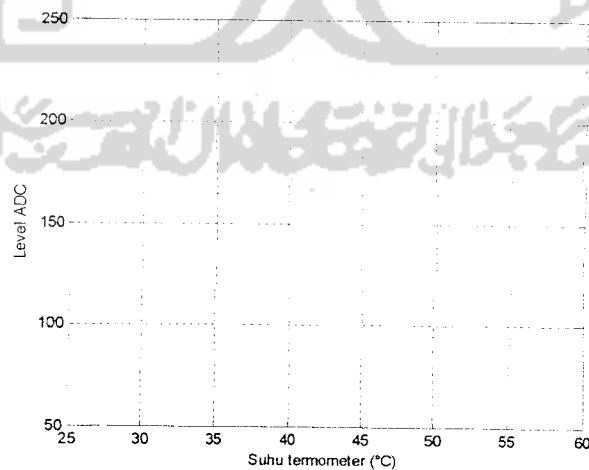
Hasil pengujian rangkaian penguat dimasukkan ke dalam tabel Tabel 4.4. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan tegangan masukan, tegangan keluaran berdasarkan pengukuran.

Tabel 4.4 Pengujian rangkaian penguat dan keluaran level ADC

Suhu termometer (°C)	Sensor (mV)	Output Penguat Beda	Output penguat non inverting	Penguatan	Level ADC
27	273	82 mV	1034 mV	13	53
28	284	94 mV	1177 mV	13	58
29	293	103 mV	1285 mV	12	65
30	305	114 mV	1433 mV	13	71
31	315	124 mV	1557 mV	13	80
32	324	136 mV	1692 mV	12	86
33	335	145 mV	1804 mV	12	91
34	345	155 mV	1937 mV	12	96
35	353	163 mV	2030 mV	12	103

Tabel 4.4 Pengujian rangkaian penguat dan keluaran level ADC (lanjutan)

Suhu termometer (°C)	Sensor (mV)	Output Penguat Beda	Output penguat non inverting	Penguatan	Level ADC
36	367	176 mV	2220 mV	13	110
37	375	186 mV	2330 mV	13	119
38	386	196 mV	2470 mV	13	124
39	395	206 mV	2570 mV	12	130
40	405	216 mV	2710 mV	13	135
41	416	226 mV	2730 mV	13	141
42	427	236 mV	2860 mV	13	149
43	436	246 mV	3090 mV	13	157
44	446	257 mV	3210 mV	12	165
45	457	268 mV	3350 mV	13	170
46	467	278 mV	3490 mV	13	176
47	484	295 mV	3700 mV	13	180
48	488	298 mV	3750 mV	13	190
49	497	307 mV	3850 mV	13	196
50	509	319 mV	4010 mV	13	203
51	517	328 mV	4110 mV	13	208
52	528	338 mV	4240 mV	13	213
53	538	350 mV	4380 mV	13	218
54	549	359 mV	4520 mV	13	227
55	558	369 mV	4640 mV	13	236
56	570	381 mV	4780 mV	13	242



Gambar 4.5 Grafik hubungan suhu dengan level ADC

e. Analisis hasil pengujian

Penguat yang akan diuji adalah penguat beda dan penguat tak membalik (*non-inverting*). Dalam tabel 4.4 hasil pengujian dapat dilihat bahwa rangkain penguat tersebut mampu mengeluarkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran sesuai dengan yang direncanakan.

Dari tabel 4.5 dan gambar 4.5 dapat dilihat hubungan antara pembacaan suhu termometer dengan level ADC terlihat linier sesuai dengan yang direncanakan.

4.5 Pengujian Sistem Keseluruhan

a. Tujuan pengujian

Tujuan pengujian sistem secara keseluruhan adalah untuk mengetahui kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak dihubungkan dengan sistem mikrokontroler sebagai pengendali kerja alat secara keseluruhan

b. Prosedur pengujian

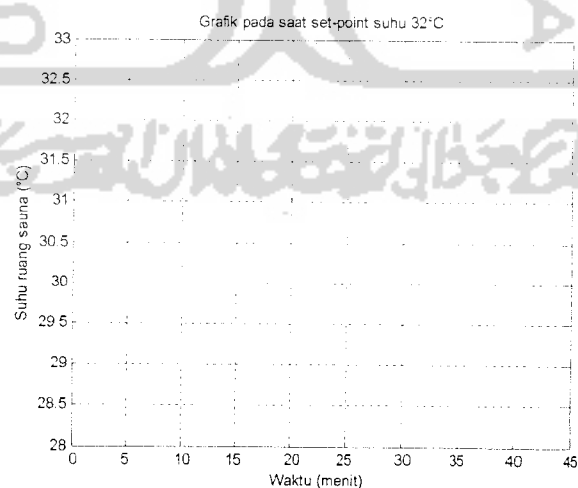
- Menyiapkan alat penghasil uap panas pada ruang mandi sauna dan memastikan catu daya telah terpasang
- Menghidupkan saklar catu daya dan memastikan alat telah bekerja.

4.5.1 Pengujian Kipas pada Ruang Sauna

Hasil pengujian kerja kipas terhadap suhu pada ruang sauna dapat dilihat pada pengujian berikut ini:

Tabel 4.5 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat *set-point* 32°C

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Kipas
28°C	285	0	ON
29°C	291	3.50	ON
30°C	306	6.25	ON
31°C	315	10.25	ON
32°C	324	12.00	ON
33°C	332	16.00	OFF
32°C	323	17.75	OFF
31°C	312	20.00	ON
32°C	322	21.30	ON
33°C	335	22.00	OFF
32°C	325	24.25	OFF
31°C	313	26.50	ON
32°C	321	28.25	ON
33°C	333	29.00	OFF
32°C	325	31.50	OFF
31°C	312	33.25	ON
32°C	324	35.30	ON
33°C	334	36.30	OFF
32°C	325	38.00	OFF
31°C	312	41.00	ON
32°C	320	43.00	ON

Gambar 4.6 Grafik pengujian kipas saat *set point* 32°C.

Tabel 4.6 untuk menghitung standard deviasi (SD) pengujian *set point* 32°C

x Suhu ruang (°C)	F frekuensi	Fx	X	FX
33	4	132	1,06	4,494
32	9	288	0,06	0,0324
31	5	155	-0,94	4,418
	N=18	ΣFx=575		ΣFX ² =8,944

$$\begin{aligned}\text{Mean} &= \frac{\sum Fx}{N} \\ &= \frac{575}{18} = 31,94\end{aligned}$$

Standard deviasi

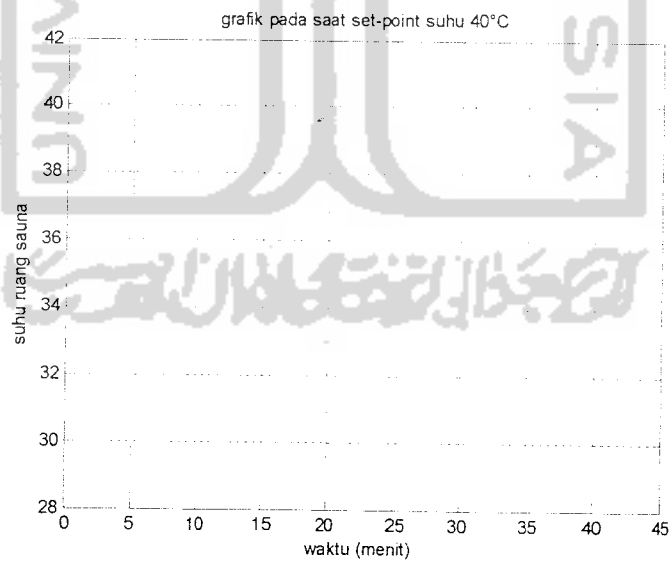
$$\begin{aligned}\text{SD} &= \sqrt{\frac{\sum FX}{N}} \\ &= \sqrt{\frac{8,944}{18}} = 0,7\end{aligned}$$

Tabel 4.7 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat *set-point* 40°C

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Kipas
28°C	284	0	ON
29°C	293	2.50	ON
30°C	205	4.50	ON
31°C	315	7.50	ON
32°C	324	9.50	ON
33°C	335	12.00	ON
34°C	345	13.00	ON
35°C	353	16.00	ON
36°C	367	17.25	ON
37°C	375	20.50	ON
38°C	386	22.75	ON
39°C	395	25.00	ON
40°C	405	27.50	ON

Tabel 4.7 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat *set-point* 40°C (lanjutan)

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Kipas
41°C	416	30.50	OFF
40°C	403	31.00	OFF
39°C	396	31.50	ON
40°C	404	33.00	ON
41°C	415	33.75	OFF
40°C	402	34.25	OFF
39°C	393	35.00	ON
40°C	402	36.00	ON
41°C	414	37.00	OFF
40°C	401	37.75	OFF
39°C	392	38.25	ON
40°C	405	39.30	ON
41°C	413	40.15	OFF
40°C	402	41.00	OFF
39°C	394	41.50	ON
40°C	401	43.00	ON

Gambar 4.7 Grafik pengujian kipas saat *set point* 40°C

Tabel 4.8 untuk menghitung standart deviasi (SD) pengujian *set point* 40°C

x Suhu ruang (°C)	F frekuensi	Fx	X	FX
41	4	164	1,06	4,494
40	9	360	0,06	0,0324
39	5	195	-0,94	4,418
	N=18	ΣFx=719		ΣFX ² =8,944

$$\text{Mean} = \frac{\sum Fx}{N}$$

$$= \frac{719}{18} = 39,94$$

Standar deviasi

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum FX}{N}}$$

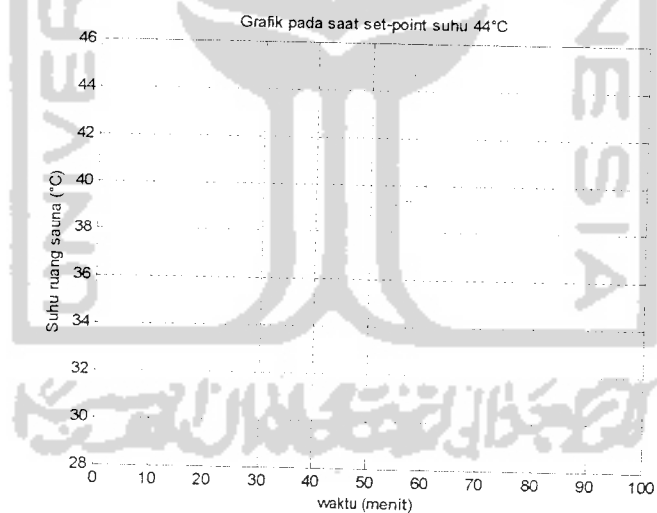
$$= \sqrt{\frac{8,944}{18}} = 0,7$$

Tabel 4.9 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat *set-point* 44°C

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Kipas
28°C	285	0	ON
29°C	292	2.00	ON
30°C	204	3.75	ON
31°C	313	7.00	ON
32°C	325	8.50	ON
33°C	333	11.25	ON
34°C	342	14.00	ON
35°C	355	16.00	ON
36°C	364	18.00	ON
37°C	371	21.25	ON
38°C	383	23.75	ON
39°C	394	26.75	ON

Tabel 4.9 Hasil pengujian suhu ruang sauna saat *set-point* 44°C (lanjutan)

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Kipas
40°C	402	29.50	ON
41°C	414	32.50	ON
42°C	403	36.25	ON
43°C	391	39.00	ON
44°C	404	46.00	ON
45°C	453	56.25	OFF
44°C	444	57.75	OFF
43°C	432	58.25	ON
44°C	446	66.50	ON
45°C	451	76.75	OFF
44°C	443	77.25	OFF
43°C	432	78.00	ON
44°C	441	95.00	ON



Gambar 4.8 Grafik pengujian kipas saat set point 44°C

Tabel 4.10 untuk menghitung standart deviasi (SD) pengujian *set point* 44°C

x Suhu ruang (°C)	F frekuensi	Fx	X	FX
45	2	90	1,1	2,2
44	5	220	0,1	0,5
33	3	129	-0,9	2,7
	N=10	ΣFx=439		ΣFX ² =8,944

$$\text{Mean} = \frac{\sum Fx}{N}$$

$$= \frac{439}{10} = 43,9$$

Standar deviasi

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum FX}{N}}$$

$$= \sqrt{\frac{5,4}{10}} = 0,73$$

Analisis hasil pengujian

Dari pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.11 Pengujian keseluruhan pada ruang sauna

Suhu	Mean	Standar deviasi	Rise Time
32°C	31,94	0,70	12 menit
40°C	39,94	0,70	22 menit
44°C	43,90	0,73	34 menit

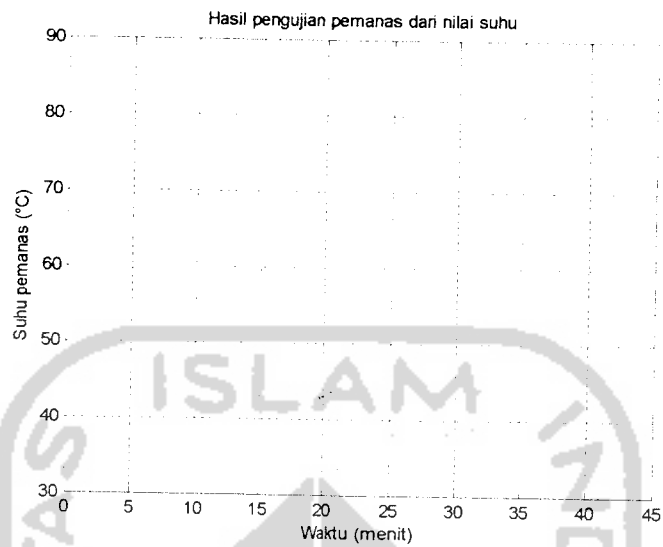
Dari data tersebut dapat dilihat bahwa sistem alat penghasil uap panas pada ruang mandi sauna dapat bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan.

Dengan menghidupkan saklar maka alat penghasil uap pada ruang mandi sauna aktif. Suhu dalam pemanas air akan terus meningkat secara bertahap dan penghentian kerja pemanas air terjadi setelah suhu *set point* dalam mikrokontroller tercapai. Kerja dari kipas ditentukan pada suhu dalam ruangan sauna berdasarkan pada nilai suhu yang diinginkan dengan menekan tombol pada key pad. Kipas akan berputar untuk menggerakkan uap panas ke dalam ruang sauna dan berhenti bila suhu ruang melebihi 1°C dari suhu yang diinginkan dan akan kembali bekerja bila suhu ruang sauna kurang dari 1°C dari suhu yang diinginkan.

4.5.2 Pengujian Pemanas (*Heater*)

Tabel 4.12 Hasil pengujian pemanas dari nilai suhu

Suhu	Tegangan Pengukuran (mVolt)	Waktu (Menit)	Pemanas
30	285	0	ON
35	354	3.25	ON
40	405	5.25	ON
45	452	7.50	ON
50	503	9.45	ON
55	555	11.25	ON
60	602	15.25	ON
65	654	17.75	ON
70	701	19.50	ON
75	753	22.00	ON
80	803	24.25	ON
85	851	27.00	OFF
80	805	31.25	ON
85	854	33.50	OFF
80	802	38.00	ON
85	853	41.50	OFF



Gambar 4.9 Hasil pengujian pemanas dari nilai suhu

Tabel 4.13 untuk menghitung standart deviasi (SD) pengujian pemanas

x Suhu ruang (°C)	F frekuensi	Fx	X	FX ²
80	3	240	-2,5	7,5
85	3	255	2,5	7,5
	N=6	ΣFx=495		ΣFX ² =15

$$\text{Mean} = \frac{\sum Fx}{N}$$

$$= \frac{495}{6} = 82,5$$

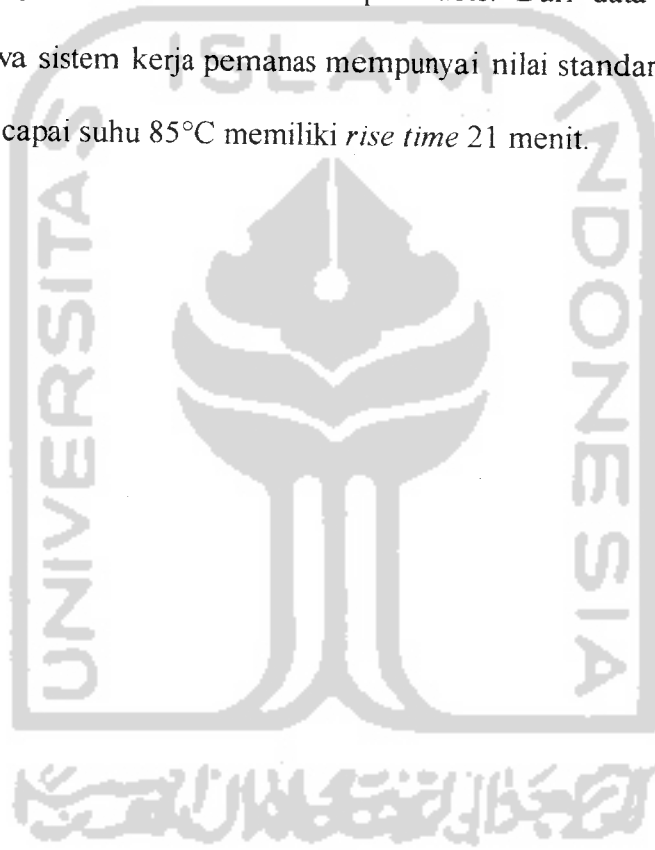
Standar deviasi

$$\text{SD} = \sqrt{\frac{\sum FX}{N}}$$

$$= \sqrt{\frac{15}{6}} = 1,58$$

Analisis hasil pengujian kerja pemanas

Dari data tabel dan grafik yang didapat bahwa kerja pemanas dapat bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan, yaitu pada suhu 85°C tercapai, pemanas akan mati dan pemanas akan dihidupkan kembali pada suhu 80°C , sehingga menghasilkan uap panas yang stabil dan air tidak cepat habis. Dari data tersebut juga dapat diketahui bahwa sistem kerja pemanas mempunyai nilai standar deviasi sebesar 1,85 dan untuk mencapai suhu 85°C memiliki *rise time* 21 menit.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisis sitem alat penghasil uap panas pada ruang mandi sauna, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaturan suhu pada alat pemanas dan ruang sauna dapat dikontrol dengan baik menggunakan driver pemanas pada alat pemanas dan driver kipas penggerak uap panas pada ruang sauna.
2. Rangkaian sensor suhu yang digunakan untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran elektronik mempunyai prosentase kesalahan pendeteksian sebesar 1,48%.
3. Pengkondisi sinyal mempunyai penguatan sebesar 13
4. Berdasarkan hasil pengujian akhir, semakin tinggi nilai suhu ruang sauna maka semakin lama interval waktu yang dibutuhkan untuk mencapainya.
5. Kipas akan berputar untuk menggerakkan uap panas kedalam ruang sauna dan berhenti bila suhu ruang melebihi 1°C dari suhu yang diinginkan dan akan berputar kembali bila suhu ruang sauna kurang dari 1°C dari suhu yang diinginkan.
6. Untuk mencapai suhu ruang sauna 45°C membutuhkan waktu 56,25 menit.

5.2 Saran

Dalam peencanaan dan pembuatan alat ini terdapat beberapa hal yang bisa dikembangkan untuk kesempurnaan alat penghasil uap panas pada ruang mandi sauna.

Hal-hal tersebut adalah:

1. Penggunaan sensor suhu dengan kualitas yang lebih baik sehingga dapat melakukan pengukuran yang lebih besar.
2. Penggunaan sensor suhu pada ruang sauna akan lebih baik jika lebih dari satu sehingga diperoleh pengukuran suhu ruang sauna pada tiap sisi dan lebih mendekati nilai sebenarnya.
3. Memilih elemen pemanas dengan daya yang lebih besar sehingga proses memanaskan air lebih cepat dan temperature air dapat dinaikkan dengan cepat.
4. Penggunaan sensor kelembaban dapat lebih baik diberikan untuk mengontrol tingkat kebasahan dalam ruang mandi sauna.

DAFTAR PUSTAKA

Farisa, 2005, "Manfaat mandi sauna".[1]

Akses dari:

<http://www.kenanglah.com/modules.php?name=news&new topic=6>

Anonymous, 2005, "Suhu Sauna".[2]

Akses dari:

http://www.kenanglah.com/RealMedia/ads/click_nx.ads/lycostripod/ros/728x90/wp/ss/a/778391@Top1?x

Anonymous, 2005, "Kesehatan".[3]

Akses dari:

<http://www.orienta.co.id/kesehatan/>

Atmel. AT 89C51 Flash Microcontroller. USA :<http://www.atmel.com>

Malvino, A.P. Prinsip-prinsip elektronika, Jakarta : Salemba Teknik, 2003

Totok, B. 2005. *Belajar dengan mudah dan cepat Pemrograman Bahasa C dengan SDCC (Small Device C Compiler) Pada Mikrokontroler AT 89X051 AT 89C51 52 Teori, Simulasi dan Aplikasi*, Jogjakarta: Gava Media.

Bodiharto, W. 2005. *Elektronika Digital dan Mikroprosesor*, Jogjakarta: ANDI

Program C revisi

```

        return(num);
    }
    else num=num;
}

```

signed char BacaADC(unsigned char val) //sub rutin membaca ADC

```

P3_6 = val/4 & 1;
P3_5 = val/2 & 1;
P3_4 = val & 1;
P3_7=1;
P3_7=0;
while(P3_3);
return P0;

```

id main()

```

unsigned char suhu_heater=0,suhu_ruang=0; //Deklarasi variable 8-bit
float f=0; //Deklarasi variable fload/pecahan

```

```

TMOD=0x11; //Timer 0 mode 1
TH0=0xf5;TLO=0x00; //Nilai awal timer
ET0=1; //enable interupsi timer 0
EA=1; //enable interupsi global
TR0=1; //Jalankan timer 1

```

while(1)

```

{
    Heater=0; //nyalakan Heater
    Kipas=0; //matikan kipas
    Display(0); //tampilkan 0
    set_poin=input_nilai(); //input set point

```

```

    row1=0;
    while(col1)
    {

```

```

        f=BacaADC(0)*0.1538+18.9908; //bawa ADC0 dan rubah ke nilai
        suhu_ruang=f; //pembulatan float menjadi
        suhu_heater=BacaADC(1); //baca ADC1
        Display(suhu_ruang); //tampilkan nilai suhu
    }
}

```

```

        if(suhu_heater>250)Heater=1; //jika suhu heater lebih dari
        if(suhu_heater<220)Heater=0; //jika suhu heater kurang dari
    }
}

```

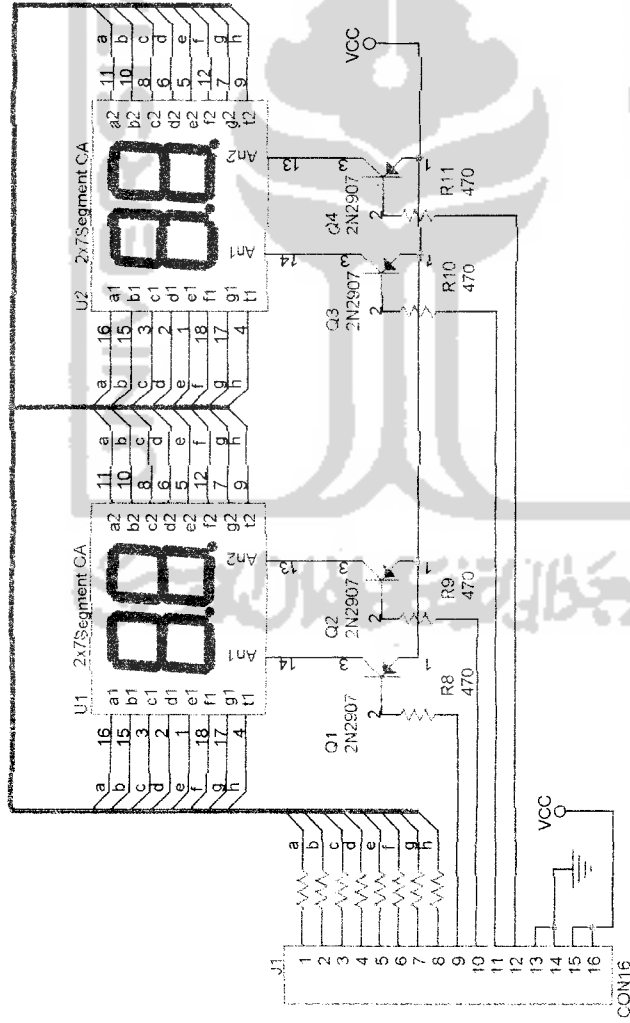
```

        if(suhu_ruang>set_poin+1)Kipas=0; //jika suhu ruang lebih dari
        if(suhu_ruang<set_poin-1)Kipas=1; //jika suhu ruang lebih dari
    }
}

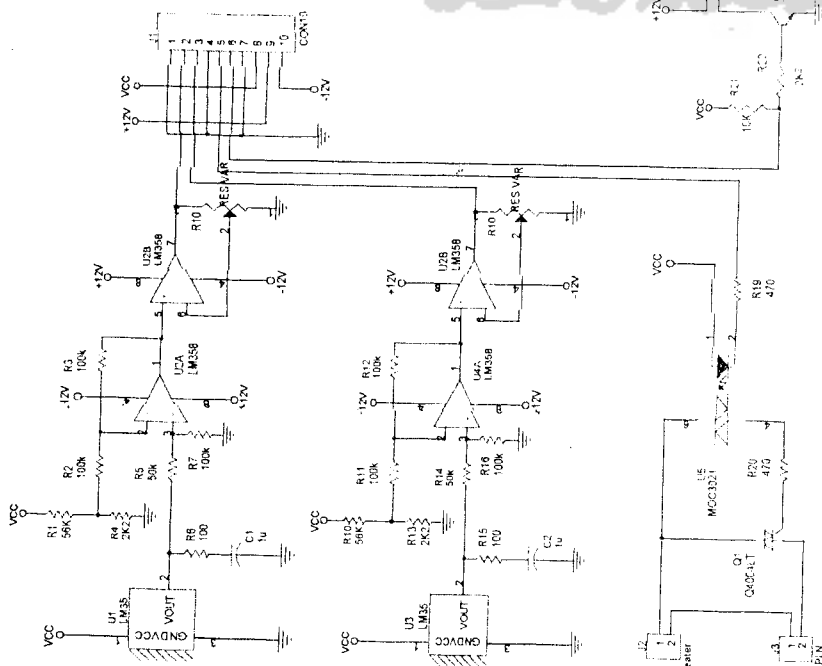
```

}

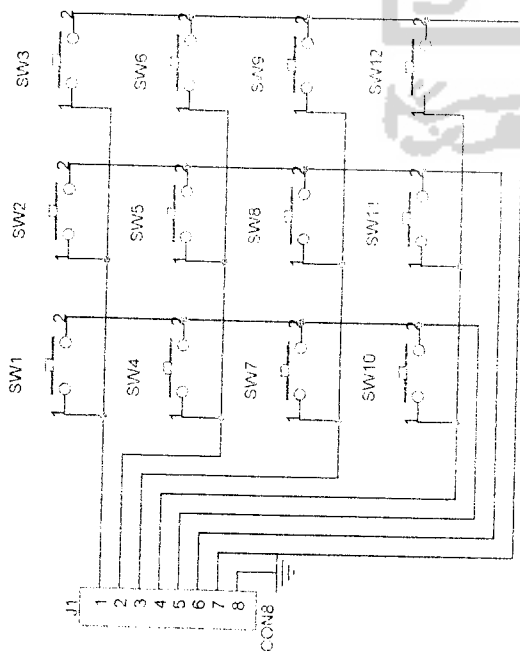
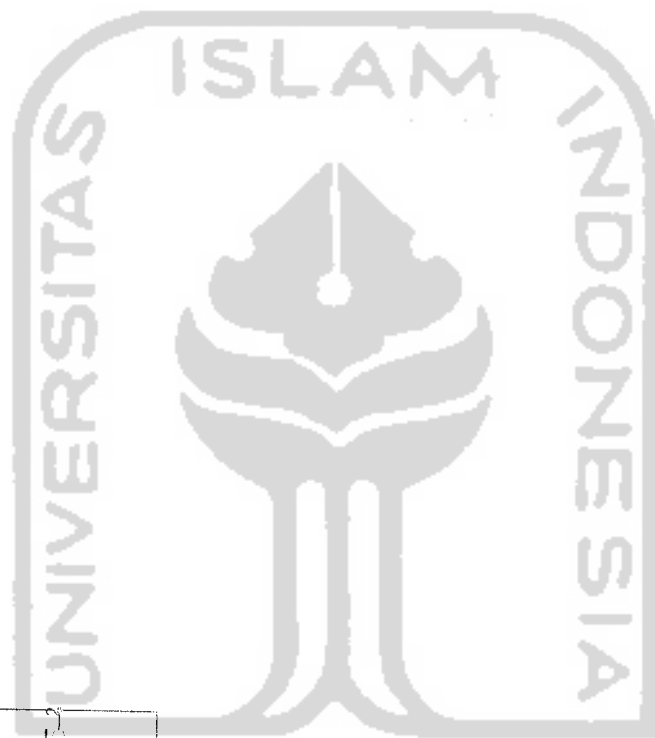
4X7-SEGMENT DISPLAY



Title		SIGIT PRAMONO	
Size	Document Number	Rev	<RevCode>
A	<Doc>	1	1
Date:		Sheet	1 of 1
		2	1
		3	1
		4	1
		5	1



File	<Title>
Size	Document Number
8	<Doc>
Date	Rev
	<RevCode>



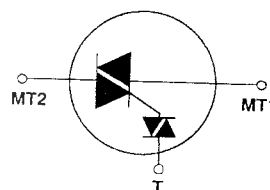
Title		<Title>	
Size	Document Number	Rev	<RevCode>
A	<Doc>		
Date	Monday, December 04, 2006	Sheet	1 of 1

U.L. RECOGNIZED
File # EET11531

E3



TO-220
Isolated



Quadrac

Internally Triggered Triacs (4 A to 15 A)

General Description

Teccor's *Quadrac* devices are triacs that include a diac trigger mounted inside the same package. This device, developed by Teccor, saves the user the expense and assembly time of buying a discrete diac and assembling in conjunction with a gated triac. Also, the alternistor *Quadrac* device (QxxxxLTH) 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 Teccor triac and diac 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 diac
- High surge capability — up to 200 A
- High voltage capability — 200 V to 600 V

I _{T(RMS)} (5)	Part No.	V _{DRM} (1)	I _{DRM} (1) (10)			V _{TM} (1) (3)	Trigger Diac Specifications (T-MT1)					
	Isolated						V _{BO} (7)	V _{BO} (6)	(V _{BO} - 1) (6)	I _{BO} (11)	C _T (11)	
	 TO-220		mAmps				Volts	Volts	Volts	μAmps	μFarads	
		Volts	T _C = 25 °C	T _C = 100 °C	T _C = 125 °C	T _C = 25 °C	Volts	Volts		Volts	μAmps	μFarads
See "Package Dimensions" section for variations. (12)		MIN	MAX			MAX	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX
4 A	Q2004LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4004LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6004LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
6 A	Q2006LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4006LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6006LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4006LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6006LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
8 A	Q2008LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4008LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6008LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4008LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6008LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
10 A	Q2010LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4010LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6010LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4010LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6010LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
15 A	Q2015LT	200	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4015LT	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6015LT	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q4015LTH	400	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1
	Q6015LTH	600	0.05	0.5	2	1.6	3	33	43	5	25	0.1

Specific Test Conditions

- ±I_T — Dynamic breakback voltage (forward and reverse)
- V_{BO} — Breakover voltage symmetry
- Trigger firing capacitance
- dt/dt — Maximum rate-of-change of on-state current
- dt/dt — Critical rate-of-rise of off-state voltage at rated V_{DRM}, gate open
- dt(c) — Critical rate-of-rise of commutation voltage at rated V_{DRM} and I_{T(RMS)}, commutating di/dt = 0.54 rated I_{T(RMS)}/ms; gate unenergized
- RMS surge (non-repetitive) on-state current for period of 8.3 ms for fusing
- Peak breakover current
- M — Peak off-state current gate open; V_{DRM} = maximum rated value
- M — Peak gate trigger current (10 μs Max)
- Holding current, gate open
- I_{T(RMS)} — RMS on-state current, conduction angle of 360°
- M — Peak one-cycle surge
- Gate controlled turn-on time
- V_{BO} — Breakover voltage (forward and reverse)

V_{DRM} — 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_J) is -40 °C to +125 °C
- Storage temperature range (T_S) is -40 °C to +125 °C
- Lead solder temperature is a maximum of +230 °C for 10 seconds maximum; ≥1/16" (1.59 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

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

I_H (1) (2)	I_{TSM} (4) (8)	$dv/dt(c)$ (1) (5) (8)	dv/dt (1)		t_{gt} (6) (9)	I^2t	I_{GTM}	di/dt (9)
mAmps	Amps	Volts/ μ Sec	Volts/ μ Sec		μ Sec	Amps ² Sec	Amps	Amps/ μ Sec
			$T_C = 100^\circ C$	$T_C = 125^\circ C$				
MAX	60/50Hz	MIN	MIN		TYP			
40	55/46	3	75	50	3	12.5	1.2	50
40	55/46	3	75	50	3	12.5	1.2	50
40	55/46	3	50	50	3	12.5	1.2	50
50	80/65	4	150	100	3	26.5	1.5	70
50	80/65	4	150	100	3	26.5	1.5	70
50	80/65	4	125	85	3	26.5	1.5	70
50	80/65	25	575	450	3	26.5	1.5	70
50	80/65	25	425	350	3	26.5	1.5	70
60	100/83	4	175	120	3	41	1.5	70
60	100/83	4	175	120	3	41	1.5	70
60	100/83	4	150	100	3	41	1.5	70
60	100/83	25	575	450	3	41	1.5	70
60	100/83	25	425	350	3	41	1.5	70
60	120/100	4	200	150	3	60	1.5	70
60	120/100	4	200	150	3	60	1.5	70
60	120/100	4	175	120	3	60	1.5	70
60	120/100	30	925	700	3	60	1.5	70
60	120/100	30	775	600	3	60	1.5	70
70	200/167	4	300	200	3	166	1.5	100
70	200/167	4	300	200	3	166	1.5	100
70	200/167	4	200	150	3	166	1.5	100
70	200/167	30	925	700	3	166	1.5	100
70	200/167	30	775	600	3	166	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) $\Delta V_{BO} = [+V_{BO}] - [-V_{BO}]$
 (8) See Figure E3.7 and Figure E3.8 for maximum allowable case temperature at maximum rated current.
 (9) Trigger firing capacitance = 0.1 μ F with 0.1 μ s rise time.
 (10) $T_C = T_J$ 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 *	
V AC RMS	TYPE
2500	Standard
4000	Optional **

* UL Recognized File #E71639

**For 4000 V isolation use "V" suffix in part number

Thermal Resistance (Steady State) $R_{\theta JC}$ [$R_{\theta JA}$] $^\circ C/W$ (TYP)	
TYPE	Isolated TO-220
4 A	3.6 [50]
6 A	3.3
8 A	2.8
10 A	2.6
15 A	2.1

ADC0808/ADC0809 8-Bit μ 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® 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.)

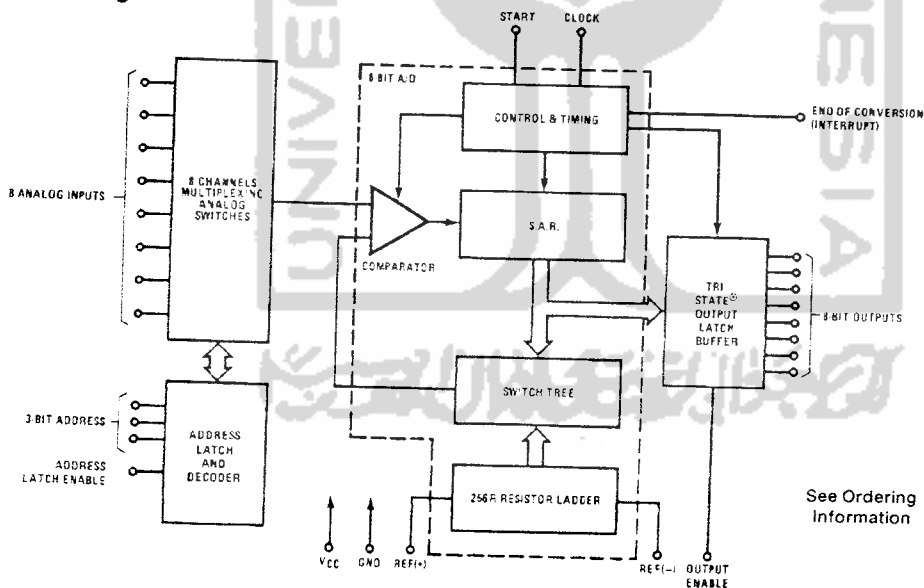
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC} 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 MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ■ Resolution | 8 Bits |
| ■ Total Unadjusted Error | $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB |
| ■ Single Supply | 5 V _{DC} |
| ■ Low Power | 15 mW |
| ■ Conversion Time | 100 μ s |

Block Diagram



See Ordering Information

TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

TL/H-5672-1

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	0.3V to ($V_{CC} + 0.3V$)
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs	0.3V to +15V
(START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 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)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CJ	$55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0808CCJ, ADC0808CCN,	
ADC0809CCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	$40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
Range of V_{CC} (Note 1)	$4.5 V_{DC}$ to $6.0 V_{DC}$

Electrical Characteristics

Converter Specifications: $V_{CC} = 5V$, $V_{DC} = V_{REF+}$, $V_{REF(-)} = GND$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK} = 640\text{ kHz}$ unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error	25°C			$\pm 1/2$	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			$\pm 3/4$	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error	0°C to 70°C			± 1	LSB
	(Note 5)	T_{MIN} to T_{MAX}			$\pm 1 1/4$	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k Ω
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	$GND - 0.10$		$V_{CC} + 0.10$	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	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_N	Comparator Input Current	$f_c = 640\text{ kHz}$, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ, $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$, $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted. ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75V \leq V_{CC} \leq 5.25V$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$, $V_N = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}		10	200 1.0	nA μA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$, $V_N = 0$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}	200 1.0	10		nA μA

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ, 4.5V $\leq$ V_{CC} $\leq$ 5.5V, 55°C $\leq$ T_A $\leq$ 125°C unless otherwise noted
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75 $\leq$ V_{CC} $\leq$ 5.25V, 40°C $\leq$ T_A $\leq$ 85°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS						
V _{IN(1)}	Logical "1" Input Voltage		V _{CC} - 1.5			V
V _{IN(0)}	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
I _{IN(1)}	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} = 15V			1.0	μA
I _{IN(0)}	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	V _{IN} = 0	-1.0			μA
I _{CC}	Supply Current	f _{CLOCK} = 640 kHz		0.3	3.0	mA
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
V _{OUT(1)}	Logical "1" Output Voltage	I _O = 360 μA	V _{CC} - 0.4			V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage	I _O = 1.6 mA			0.45	V
V _{OUT(0)}	Logical "0" Output Voltage EOC	I _O = 1.2 mA			0.45	V
I _{OUT}	TRI-STATE Output Current	V _O = 5V V _O = 0	-3		3	μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V, V_{REF(-)} = GND, t_r = t_f = 20 ns and T_A = 25°C unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t _{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t _S	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t _D	Analog MUX Delay Time From ALE	R _S = 0Ω (Figure 5)		1	2.5	μs
t _{H1} , t _{H0}	OE Control to Q Logic State	C _L = 50 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _{L1} , t _{L0}	OE Control to Hi-Z	C _L = 10 pF, R _L = 10k (Figure 8)		125	250	ns
t _C	Conversion Time	f _C = 640 kHz, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μs
f _C	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
t _{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		8 ± 2 μs	Clock Periods
C _{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C _{OUT}	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_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{CC}.

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_{CC} supply. The specification 100 mV forward bias or reverse diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V_{IN} to 5V_{CC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.900 V_{CC} over temperature variations, input tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplier errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an air zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or 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 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the comparator-staged comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

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 kΩ resistor.

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed

to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

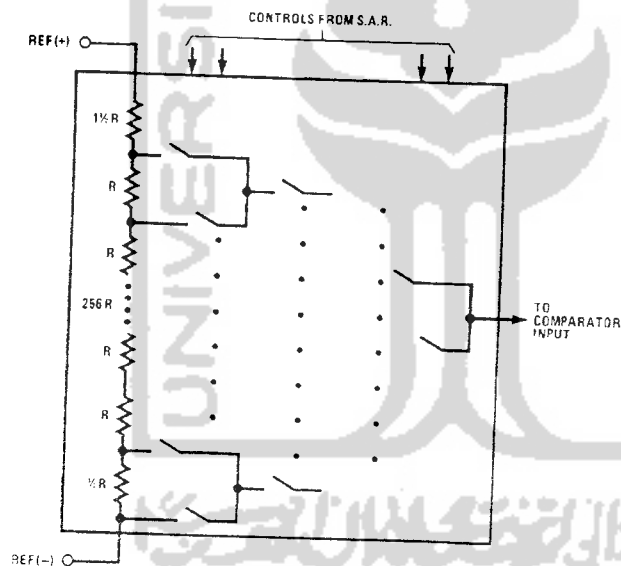


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

Functional Description (Continued)

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion. The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the

comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

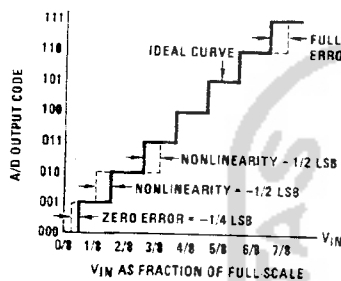


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

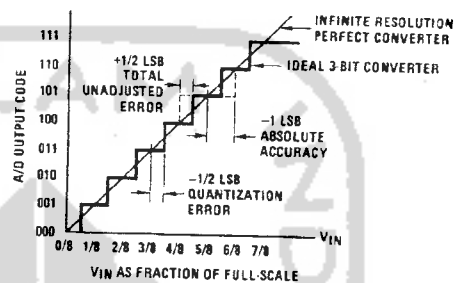


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

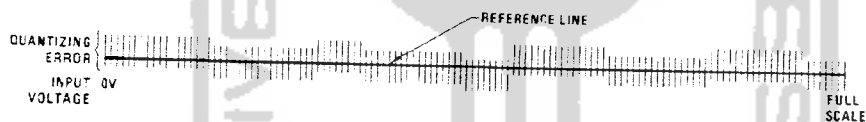
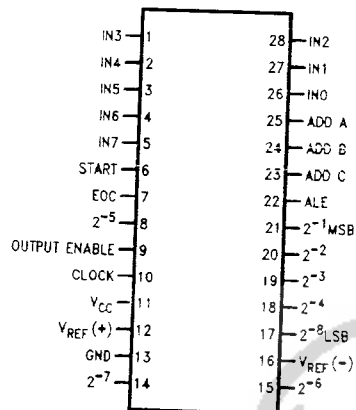


FIGURE 4. Typical Error Curve

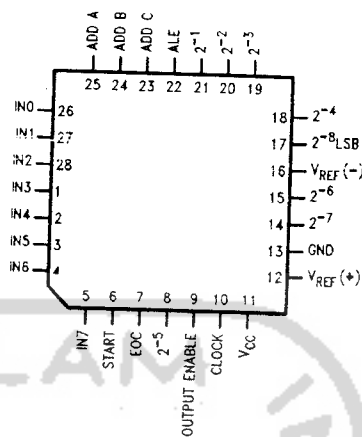
TL/H/5672-3

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Molded Chip Carrier Package



Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN,
ADC0808CCJ or ADC0808CJ
See NS Package J28A or N28A

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Timing Diagram

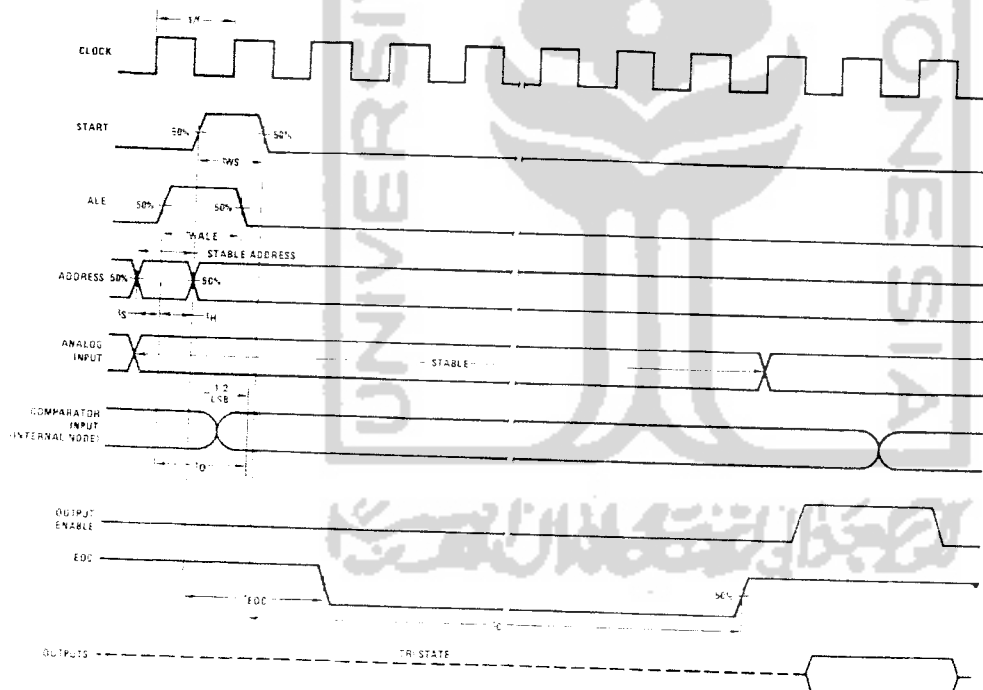


FIGURE 5

TL/H/6672-1

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

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 ° 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 $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ 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 $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

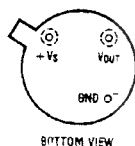
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° 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 $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

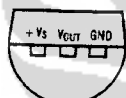
TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW

TL/H-5516-1

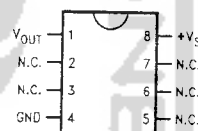
TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW

TL/H/5516-2

SO-8
Small Outline Molded Package



Top View

N.C. = No Connection

TL/H/5516-21

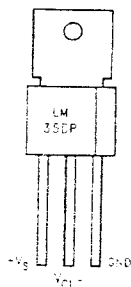
*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

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

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-202
Plastic Package



TL/H-5516-24

Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications

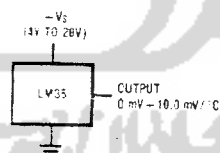
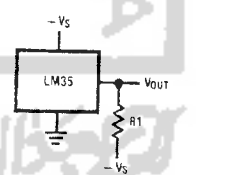


FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor (-2°C to $+150^\circ\text{C}$)

TL/H-5516-3



TL/H-5516-4

Choose $R1 = -Vs/50\text{ }\mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\text{ mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = +250\text{ mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $V_{OUT} = -550\text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

TRISTATE is a registered trademark of National Semiconductor Corporation

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-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	-230°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
LM35C, LM35CA	40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 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)	$T_A = -25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 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) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = -25^\circ\text{C}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	mV/mA mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = -25^\circ\text{C}$ $4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	mV/V mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = -5 \text{ V}, -25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = -5 \text{ V}$	105		131	91		114	μA
	$V_S = -30 \text{ V}, -25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = -30 \text{ V}$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}, -25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
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	$T_J = T_{MAX}$ for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply to -55°C to $+150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; -40°C to $+110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and 0°C to $+100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = -5 \text{ V}$ and $I_{L(max)} = 50 \mu\text{A}$ in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from -2°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-46 package is 40°C/W junction to ambient and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 160°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is 25°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

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)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	+0.4	+1.0		+0.4	+1.0		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	+0.5			+0.5		+1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	+0.8	+1.5		+0.8		+1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	+0.8		± 1.5	+0.8		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$				+0.6	+1.5		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				+0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				+0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+0.3		+0.5	+0.2		+0.5	$^{\circ}\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	+0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	+0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	+0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		+0.2	± 0.02		+0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, -25^{\circ}\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = -5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = -30\text{V}, -25^{\circ}\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = -30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, -25^{\circ}\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
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	$T_J = T_{\text{MAX}}$ for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^{\circ}\text{C}$

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 evaluate 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 $^{\circ}\text{C}$).

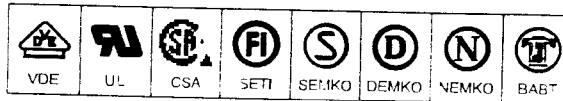
Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output voltage versus temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

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 11.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω 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.



6-Pin DIP Zero-Cross Optoisolators Triac Driver Output (250 Volts Peak)

The MOC3031, MOC3032 and MOC3033 devices consist of gallium arsenide infrared emitting diodes optically coupled to a monolithic silicon detector performing the function of a Zero Voltage crossing bilateral triac driver.

They are designed for use with a triac in the interface of logic systems to equipment powered from 115 Vac lines, such as teletypewriters, CRTs, printers, motors, solenoids and consumer appliances, etc.

- Simplifies Logic Control of 115 Vac Power
- Zero Voltage Crossing
- dv/dt of 2000 V/ μ s Typical, 1000 V/ μ s Guaranteed
- **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.**

Recommended for 115 Vac(rms) Applications:

- Solenoid/Valve Controls
- Lighting Controls
- Static Power Switches
- AC Motor Drives
- Temperature Controls
- E.M. Contactors
- AC Motor Starters
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

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

INFRARED LED

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current -- Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Output Driver Derate above 25°C	P_D	120 1.41	mW mW/ $^\circ\text{C}$

OUTPUT DRIVER

Off-State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	250	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 100 μ s, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	150 1.76	mW mW/ $^\circ\text{C}$

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 2.94	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	T_J	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage, V_{ISO} , is an internal device dielectric breakdown rating.

For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.

2. 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.

GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

(Replaces MOC3030/D)

MOC3031

[IFT = 15 mA Max]

MOC3032

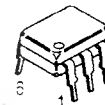
[IFT = 10 mA Max]

MOC3033*

[IFT = 5 mA Max]

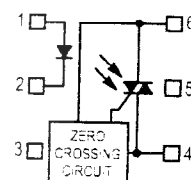
*Motorola Preferred Device

STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

COUPLER SCHEMATIC



1. ANODE
 2. CATHODE
 3. NC
 4. MAIN TERMINAL
 5. SUBSTRATE
 6. MAIN TERMINAL
- DO NOT CONNECT



MOC3031 MOC3032 MOC3033

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

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage ($I_F = 30\text{ mA}$)	V_F	—	1.3	1.5	Volts

OUTPUT DETECTOR ($I_F = 0$ unless otherwise noted)

Leakage with LED Off, Either Direction (Rated $V_{DRM}^{(1)}$)	I_{DRM1}	—	10	100	nA
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	dv/dt	1000	2000	—	$\text{V}/\mu\text{s}$

COUPLED

LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = $3\text{ V}^{(2)}$)	I_{FT}	—	—	15	mA
		—	—	10	
		—	—	5	
Holding Current, Either Direction	I_H	—	250	—	μA
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)

ZERO CROSSING

Inhibit Voltage ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$, MT1-MT2 Voltage above which device will not trigger.)	V_{IH}	—	5	20	Volts
Leakage in Inhibited State ($I_F = \text{Rated } I_{FT}$, Rated V_{DRM} , Off State)	I_{DRM2}	—	—	500	μA

- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- 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 MOC3031, 10 mA for MOC3032, 5 mA for MOC3033) and absolute max I_F (60 mA).

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

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

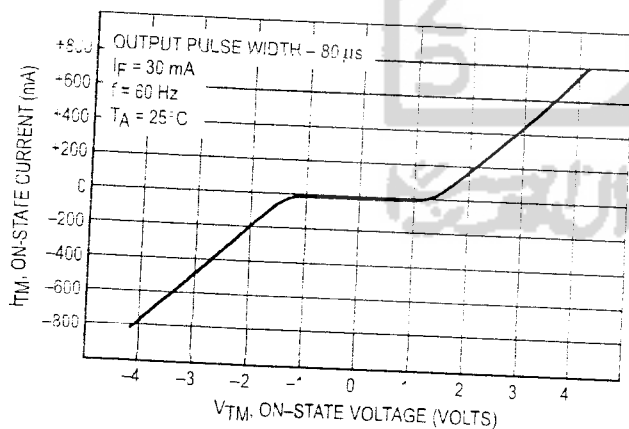


Figure 1. On-State Characteristics

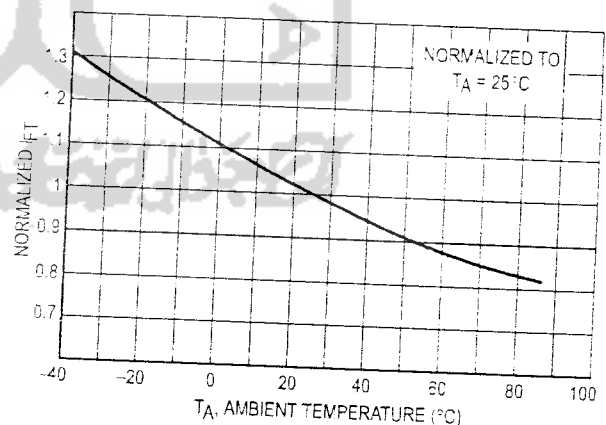


Figure 2. Trigger Current versus Temperature