

**RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU
PADA PROTOTYPE PEMASAK KANJI BERBASIS LOGIKA
FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S52**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**EKA DIDIK NAIKA
NIM. 0510632013 - 63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2007**

**RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU
PADA PROTOTYPE PEMASAK KANJI BERBASIS LOGIKA
FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S52**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

EKA DIDIK NAIKA
NIM. 0510632013 - 63

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh

Dosen Pembimbing :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Moch. Rif'an, ST. MT.
NIP. 132 283 659

Fitriana Suhartati, ST. MT.
NIP. 132 206 527

**RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU
PADA PROTOTYPE PEMASAK KANJI BERBASIS LOGIKA
FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S52**

Disusun oleh:

**EKA DIDIK NAIKA
NIM. 0510632013 - 63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 30 Juli 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Purwanto, MT
NIP. 131 574 847

Dipl. Ing. Ir. M. Rusli
NIP. 131 653 473

Ir. Chairuzzaini
NIP. 130 682 589

Goegoes Dwi Nusantoro, ST. MT
NIP. 132 318 316

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom
NIP. 131 879 033

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan. Karena hanya dengan pertolongan-Nya semata penulis mampu melewati segala kendala yang ada selama penyusunan skripsi ini.

Skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU PADA PROTOTYPE PEMASAK KANJI BERBASIS LOGIKA FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S52”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik, di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan segala perhatian dan doa tulusnya.
2. Ir. Heru Nurwarsito, M.kom selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah mengarahkan dan menentukan dosen pembimbing sehingga tercapai kesuksesan ini.
3. Rudy Yuwono, ST. Msc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Moch. Rif'an, ST. MT dan ibu Fitriana Suhartati, ST. MT, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, petunjuk, maupun saran yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu dosen beserta staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro, baik secara langsung ataupun tidak langsung telah membantu menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya angkatan 2003, 2004 dan 2005 alih jenjang, terima kasih atas kebersamaannya selama ini.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kebahagiaan bagi penulis bila ada saran dan kritik yang membangun dari para pembaca yang dapat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 3 Juli 2007

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Pembahasan	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perekat Kanji	4
2.1.1 Proses Pembuatan Perekat Kanji.....	4
2.2 Logika Fuzzy	6
2.2.1 Himpunan <i>Crisp</i> dan Himpunan <i>Fuzzy</i>	6
2.2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i>	7
2.2.3 Operasi-operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	8
2.2.4 Kontrol Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.2.4.1 Fuzzyfikasi	10
2.2.4.2 Basis Pengetahuan	11
2.2.4.3 Penyimpulan <i>Fuzzy</i>	12
2.2.4.4 Defuzzyfikasi	13
2.3 Mikrokontroler AT89S52	14
2.3.1 Konfigurasi Pin	15
2.3.2 Struktur dan Operasi <i>Port</i>	16
2.3.3 <i>Register</i> Fungsi Khusus	18



2.4 Sensor Suhu LM35	19
2.5 <i>Operational Amplifier</i> (OP-Amp)	21
2.5.1 Penguat Penyangga (<i>Buffer</i>).....	21
2.5.2 Penguat Tak Membalik	22
2.6 <i>Analog to Digital Converter</i> (ADC 0804)	23
2.7 DAC (<i>Digital to Analog Converter</i>) 0808	23
2.8 Triac	24
2.9 <i>Optocoupler</i>	25
2.10 <i>Optotriac</i> MOC3021	25
2.11 Motor DC	26
2.12 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	27
2.12.1 Konfigurasi Pin-pin LCD	29
2.12.2 Fungsi-fungsi Terminal	30
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat	32
3.2 Perancangan Kontroler	33
3.3 Perancangan alat	33
3.3.1 Perancangan Perangkat Keras	34
3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak	34
3.4 Pengujian Alat.....	35
3.5 Pengambilan Kesimpulan	35
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
4.1 Spesifikasi Sistem	36
4.2 Diagram Blok Sistem	37
4.3 Prinsip Kerja Alat.....	38
4.4 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	39
4.4.1 Rangkaian Sensor Suhu	40
4.4.2 Rangkaian Penguat	41
4.4.3 Rangkaian Sensor Level	42
4.4.4 Rangkaian <i>Limit Switch</i>	43
4.4.5 Rangkaian ADC 0804	44
4.4.6 Mikrokontroler AT89S52	46

4.4.7 Rangkaian DAC 0808	48
4.4.8 Rangkaian <i>Driver</i> Pemanas dan Motor Pengaduk	48
4.4.8.1 <i>Pulse Position Modulation</i>	48
4.4.8.2 Rangkaian <i>Driver</i> Pemanas	50
4.4.8.3 Rangkaian <i>Driver</i> Motor Pengaduk	51
4.4.9 Rangkaian <i>Driver</i> Motor Kran	52
4.4.10 Rangkaian <i>Driver</i> Pompa Kanji	54
4.4.11 Rangkaian <i>Display</i> LCD	55
4.5 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	56
4.5.1 Fuzzyfikasi	57
4.5.2 Rule Evaluation	59
4.5.3 Defuzzyfikasi	61
4.5.4 Diagram Alir Program Perangkat Lunak	61
4.6 Perancangan Mekanik	65
BAB V PENGUJIAN ALAT	
5.1 Pengujian Perangkat Keras	66
5.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu	66
5.1.2 Pengujian Rangkaian Penguat	68
5.1.3 Pengujian Rangkaian Sensor Level	69
5.1.4 Pengujian Rangkaian <i>Limit Switch</i>	71
5.1.5 Pengujian Rangkaian ADC 0804	72
5.1.6 Pengujian Rangkaian DAC 0808	73
5.1.7 Pengujian Rangkaian LCD	75
5.1.8 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Pemanas	76
5.1.9 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Motor Pengaduk	77
5.1.10 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Motor Kran	78
5.1.11 Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Pompa Kanji	80
5.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	81
BAB VI PENUTUP	
6.1. Kesimpulan	90
6.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alat Pemasak Kanji.....	5
Gambar 2.2	(a) Himpunan Crisp (b) Himpunan Fuzzy (c) Himpunan Fuzzy Untuk Kelompok Usia	6
Gambar 2.3	Himpunan <i>Fuzzy</i> dan Fungsi Keanggotaannya	7
Gambar 2.4	Struktur Dasar KLF	9
Gambar 2.5	Penyimpulan <i>Fuzzy</i> MAX-MIN dengan Masukan <i>Crisp</i>	13
Gambar 2.6	Diagram Blok AT89S52	15
Gambar 2.7	Susunan Pin AT89S52	17
Gambar 2.8	IC LM35	20
Gambar 2.9	IC LM35 dengan R Paralel	20
Gambar 2.10	Penguat Operasional	21
Gambar 2.11	Penguat Penyangga	22
Gambar 2.12	Rangkaian Op-Amp Penguat Tak Membalik	22
Gambar 2.13	ADC 0804	23
Gambar 2.14	Susunan Pin DAC 0808	24
Gambar 2.15	Triac	24
Gambar 2.16	Optocoupler.....	25
Gambar 2.17	Rangkaian Aplikasi Standar MOC3021	26
Gambar 2.18	Bagan Motor DC.....	27
Gambar 2.19	Diagram Blok LCD Seiko Instrument M1632.....	29
Gambar 3.1	Pengendali Kontrol Logika Fuzzy	33
Gambar 4.1	Diagram Blok Sistem	37
Gambar 4.2	Rangkaian Sensor Suhu	40
Gambar 4.3	Rangkaian Penguat	42
Gambar 4.4	Rangkaian Sensor Level	43
Gambar 4.5	Rangkaian <i>Limit Switch</i>	43
Gambar 4.6	Rangkaian ADC 0804	45
Gambar 4.7	Rangkaian Pembangkit Pulsa <i>Clock</i>	45
Gambar 4.8	Rangkaian Minimum Sistem AT98S52	46

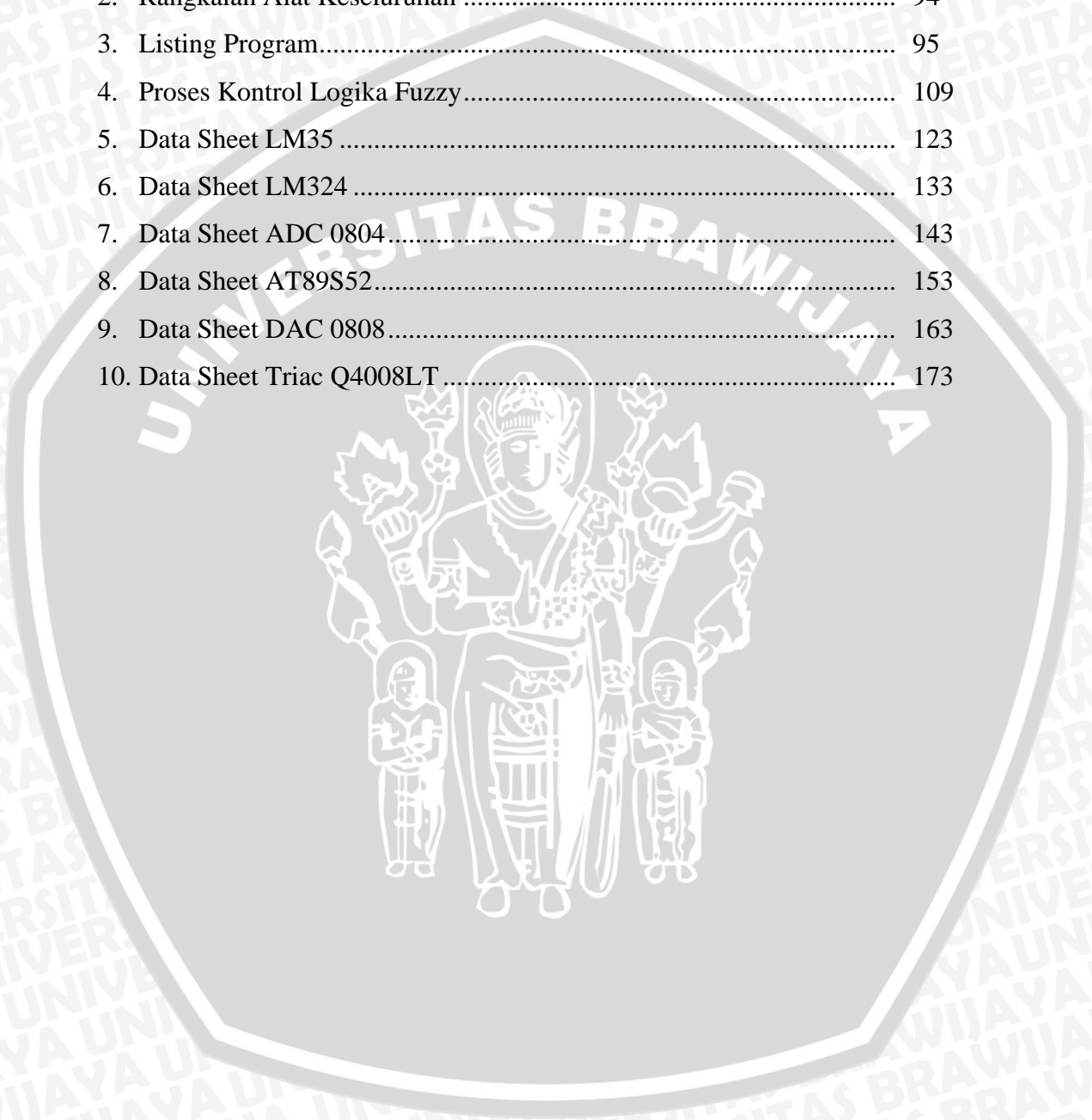
Gambar 4.9	Rangkaian DAC 0808 dengan Rangkaian Pendukungnya	48
Gambar 4.10	Rangkaian <i>Pulse Position Modulation</i>	49
Gambar 4.11	Bentuk Gelombang Output Rangkaian <i>Pulse Position Modulation</i>	49
Gambar 4.12	Rangkaian <i>Driver</i> Pemanas	50
Gambar 4.13	Rangkaian <i>Driver</i> Motor Pengaduk	51
Gambar 4.14	Rangkaian <i>Driver</i> Motor Kran	54
Gambar 4.15	Rangkaian <i>Driver</i> Pompa Kanji	54
Gambar 4.16	Rangkaian <i>Display</i> LCD	56
Gambar 4.17	Diagram Alir Sistem <i>Fuzzy Logic Control</i>	57
Gambar 4.18	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Input Error</i> Suhu Panas	58
Gambar 4.19	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Input ΔError</i> Suhu Panas	58
Gambar 4.20	Fungsi Keanggotaan <i>Crisp Output</i> Pemanas	59
Gambar 4.21	Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem	62
Gambar 4.22	Sketsa <i>Prototype</i> Pemasak Kanji	65
Gambar 5.1	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Suhu.....	67
Gambar 5.2	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Penguat	69
Gambar 5.3	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Level	70
Gambar 5.4	Diagram Blok Pengujian Rangkaian <i>Limit Switch</i>	71
Gambar 5.5	Diagram Blok Rangkaian Pengujian ADC 0804	72
Gambar 5.6	Diagram Blok Rangkaian Pengujian DAC 0808	74
Gambar 5.7	Diagram Blok Pengujian LCD	75
Gambar 5.8	Hasil Pengujian LCD	76
Gambar 5.9	Diagram Blok Pengujian <i>driver</i> pemanas	77
Gambar 5.10	Diagram Blok Pengujian <i>driver</i> Motor Pengaduk	78
Gambar 5.11	Diagram Blok Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Motor Kran	79
Gambar 5.12	Diagram Blok Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Pompa Kanji	80
Gambar 5.13	Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 26 °C dan Set Point 90 °C	83
Gambar 5.14	Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 20 °C dan Set Point 90 °C.....	86
Gambar 5.15	Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 30 °C dan Set Point 90 °C.....	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Fungsi Khusus <i>Port3</i>	17
Tabel 2.2	Konfigurasi pin-pin LCD	29
Tabel 2.3	Fungsi-fungsi Terminal	30
Tabel 2.4	Register seleksi	31
Tabel 4.1	FAM untuk Pemanas	59
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu	67
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Rangkaian Penguat	69
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Level	70
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Limit Switch</i>	71
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0804	72
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Rangkaian DAC 0808	74
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Tegangan Pemanas	77
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Kecepatan Motor Pengaduk	78
Tabel 5.9	Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Motor Kran	79
Tabel 5.10	Pengujian Rangkaian <i>Driver</i> Pompa Kanji	80
Tabel 5.11	Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 26 °C dan Setpoint 90 °C	81
Tabel 5.12	Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 20 °C dan Setpoint 90 °C	84
Tabel 5.13	Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 30 °C dan Setpoint 90 °C	87
Tabel 6.1	Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 20°C	90
Tabel 6.2	Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 26°C	90
Tabel 6.3	Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 30°C	90

DAFTAR LAMPIRAN

1. Gambar Foto Alat.....	93
2. Rangkaian Alat Keseluruhan	94
3. Listing Program.....	95
4. Proses Kontrol Logika Fuzzy.....	109
5. Data Sheet LM35	123
6. Data Sheet LM324	133
7. Data Sheet ADC 0804.....	143
8. Data Sheet AT89S52.....	153
9. Data Sheet DAC 0808.....	163
10. Data Sheet Triac Q4008LT.....	173



ABSTRAK

*EKA DIDIK NAIKA, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Juni 2007, **RANCANG BANGUN ALAT PENGONTROL SUHU PADA PROTOTYPE PEMASAK KANJI BERBASIS LOGIKA FUZZY MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER AT89S52**, Dosen Pembimbing: Moch. Rif'an, ST. MT dan Fitriana Suhartati, ST. MT.*

Perekat kanji digunakan untuk mengajni benang-benang lusi agar menambah kekuatan tarik benang, kekuatan tahan gesek benang dan daya tahan tenun benang. Pada pemasak kanji diperlukan suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ agar diperoleh kepekatan kanji sesuai yang diinginkan. Untuk memperoleh suhu yang diinginkan pada ruang pemasak kanji maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat mengendalikan suhu tersebut sesuai dengan set point yang telah ditentukan meskipun terjadi perubahan suhu pada lingkungan baik pagi, siang dan malam. Untuk mendapatkan sistem seperti diatas maka pada skripsi ini penulis mencoba merancang dan membuat sistem pengendali suhu pada ruang pemasak kanji. Kontroler yang digunakan dalam alat ini yaitu kontrol logika fuzzy dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52.

Data masukan yang telah dikonversi oleh ADC 0804 dalam bentuk digital akan diolah oleh mikrokontroller AT89S52 dengan menggunakan metode fuzzy logic controller kemudian akan dikonversikan kedalam bentuk data analog dengan menggunakan DAC 0808. Data analog ini akan menentukan aksi dari aktuator, sehingga diperoleh suhu yang diinginkan. Dari hasil pengujian untuk mencapai steady state sistem menghasilkan error steady state 2,22% untuk suhu awal 20°C , 1,11% untuk suhu awal 26°C dan 1,11% untuk suhu awal 30°C .

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan dan kemajuan teknologi sangat pesat, demikian pula dengan perkembangan teknologi di bidang kontrol. Hingga saat ini semakin banyak bermunculan sistem yang beroperasi secara otomatis, di mana akan membawa manfaat dan kemudahan dalam kehidupan manusia. Pekerjaan yang dulunya harus dilakukan oleh manusia atau secara manual, sekarang dapat dikerjakan secara otomatis tanpa banyak campur tangan manusia.

Salah satu sistem kontrol yang berkembang sekarang adalah *Fuzzy Logic* (Logika Fuzzy). Penggunaan teknologi *Fuzzy* telah cukup meluas pada berbagai aplikasi mulai dari elektronika, robotika, kendali industri dan lain-lain. Pengontrolan dengan *Fuzzy Logic* memiliki keuntungan dalam mengatasi permasalahan pada pengontrolan non linier dan adaptif. Pada sistem non linier, untuk mendapatkan model matematis tidak semudah pada sistem linier. Teknologi *Fuzzy Logic* menggunakan pendekatan berdasarkan sifat dan perasaan manusia, sehingga algoritma perancangan yang digunakan pada *Fuzzy Logic* mudah dimengerti oleh setiap orang dan respon pengontrolannya menjadi lebih halus.

Pada tugas akhir ini dibuat alat yang berguna untuk mengendalikan suhu pada proses pemasak kanji. Pada industri *textile* terdapat proses pemasak kanji dimana kanji ini digunakan untuk menganji benang-benang lusi agar menambah kekuatan tarik benang, kekuatan tahan gesek benang dan daya tahan tenun benang. Pada pemasak kanji diperlukan suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ agar diperoleh kepekatan kanji sesuai yang diinginkan. Untuk mendapatkan suhu yang diinginkan ini, maka dibutuhkan suatu sistem yang dapat menjaga dan mengontrol suhu secara otomatis. Oleh karena itu, dengan menerapkan *Fuzzy Logic Controller* menggunakan mikrokontroler kita dapat menciptakan sistem ini. *Fuzzy Logic Controller* mampu mengambil keputusan yang cukup akurat dari masukan yang ada.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini, guna menyesuaikan dengan perancangan dan pembuatan alat, maka rumusan masalah dapat ditekankan:

1. Bagaimana merancang suatu sistem kontrol logika *fuzzy* menggunakan mikrokontroler yang dapat mengendalikan suhu pada proses pemasak kanji.
2. Bagaimana pengaruh kinerja sistem pengendalian yang dibuat, terhadap beban kanji dan air yang akan dimasak.

1.3 Batasan Masalah

Karena begitu luasnya objek kajian maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Pemasak kanji yang dibuat merupakan sebuah model atau *prototype* yang telah dimodifikasi, tetapi memiliki kinerja seperti aslinya.
2. Pembahasan lebih diutamakan pada proses pengendalian *prototype* pemasak kanji.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah terciptanya alat pengontrol suhu pada pemasak kanji dengan logika *fuzzy* menggunakan mikrokontroler AT89S52 secara otomatis agar dapat membantu dan mempermudah pengguna khususnya pengusaha *textile* dalam proses pemasakan kanji sebagai perekat benang.

1.5 Sistematika Pembahasan

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

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas semua teori dasar yang berkaitan langsung dengan perencanaan alat dan sistem.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Membahas metode penelitian yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini.

BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Membahas teknik perancangan dan pembuatan sistem yang meliputi *hardware* dan *software*.

BAB V PENGUJIAN

Membahas tentang pengujian dan pengukuran karakteristik hasil rancangan dan *software* yang telah dibuat.

BAB VI PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan dan saran.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai teori dasar komponen yang digunakan. Adapun dasar teori yang akan dijelaskan meliputi dasar teori tentang perekat kanji, kontrol logika *fuzzy*, mikrokontroler AT89S52, sensor suhu LM 35, Op-Amp, ADC 0804, DAC 0808, triac, optotriac dan LCD.

2.1 Perekat Kanji

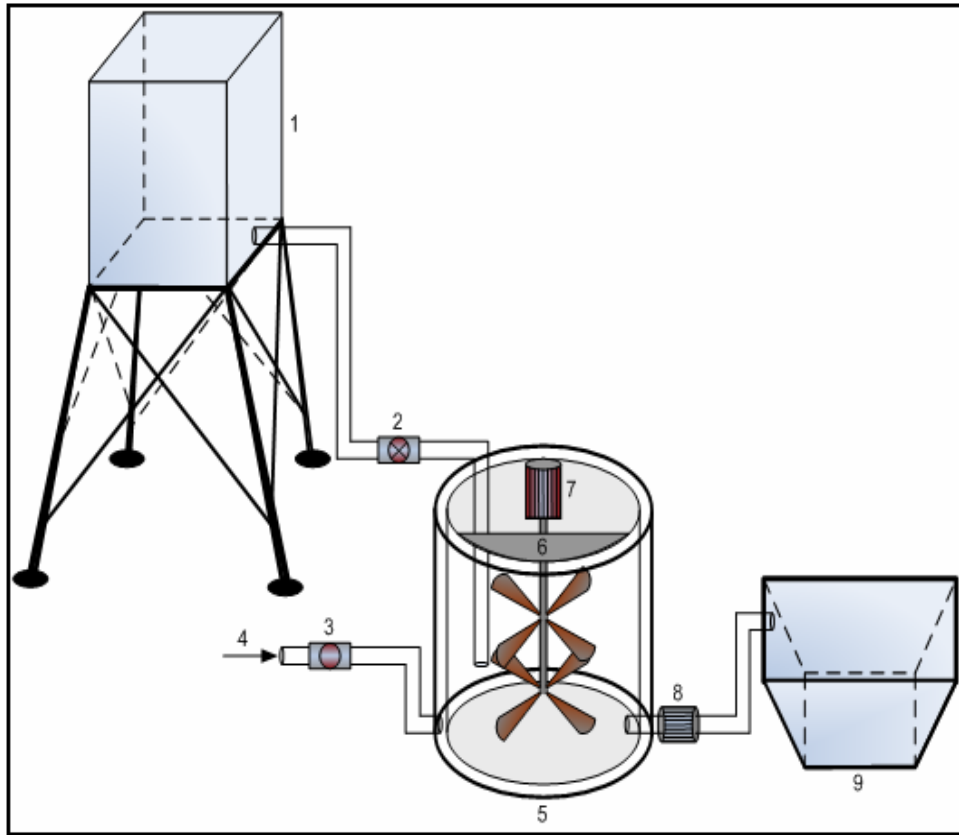
Perekat kanji digunakan untuk menganji benang-benang yang akan diproses dalam pertununan dan menambah kekuatan tarik benang, menambah kekuatan tahan gesek benang, serta meningkatkan daya tahan tenun benang yang akan digunakan sebagai benang lusi, sehingga jumlah putus benang lusi dalam proses pertununan dapat diperkecil (Sumber: PT.Eratex Djaja, 2007). Peningkatan daya tenun benang tersebut dapat diperoleh karena:

1. Bulu-bulu benang menjadi tidur
2. Sifat licin bertambah
3. Kekuatan tarik benang semakin baik
4. Meningkatkan daya gesek, tahan hentakan dan tarikan pada saat proses pertununan
5. Benang menjadi lebih kompak (kumpul)

2.1.1 Proses Pembuatan Perekat Kanji

Proses pembuatan perekat kanji dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Air dimasukkan kedalam tabung pemasak kanji yang diperlihatkan dalam Gambar 2.1, kemudian dicampur dengan tepung kanji dengan perbandingan 1L:0,15Kg
2. Air dan tepung kanji diaduk sampai tercampur merata dalam selang waktu ± 1 menit
3. Setelah dilakukan pengadukan maka pencampuran air dan tepung kanji dipanaskan sampai suhu ± 90 °C serta dipertahankan dalam selang waktu ± 5 menit
4. Kemudian kanji yang sudah masak akan dikirim ke *size box*



Gambar 2.1 Alat Pemasak Kanji
 Sumber: PT. Eratex Djaja, 2007

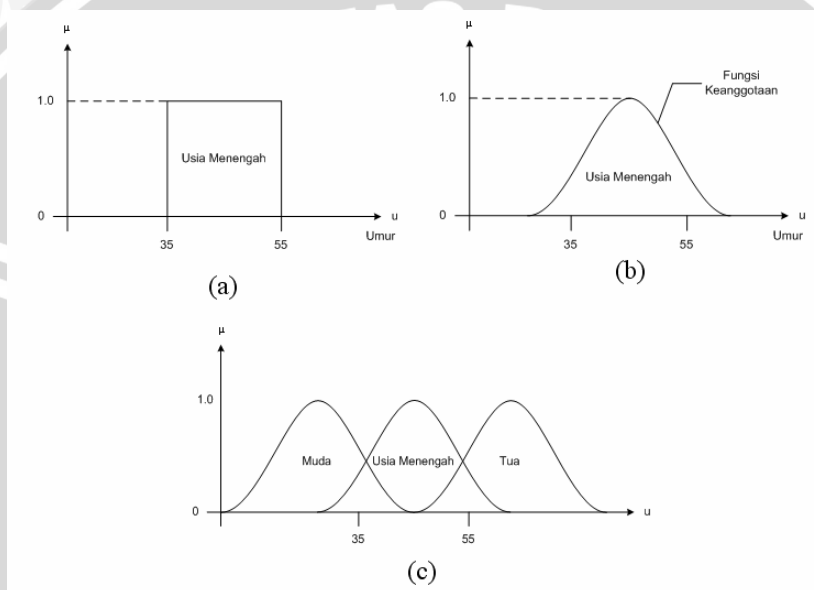
Keterangan Gambar:

1. Tandon air
2. Rotary Kran
3. Valve steam
4. Steam
5. Tabung Pemasak Kanji
6. Pemasukan Kanji
7. Motor pengaduk
8. Pompa Kanji
9. Size box

2.2 Logika Fuzzy

2.2.1 Himpunan *Crisp* dan Himpunan *Fuzzy*

Sifat benar atau salah pada logika boolean tidak memperhitungkan nilai tengah (antara benar dan salah) yang ada dalam dunia nyata. Sebaliknya logika *fuzzy* memiliki nilai yang banyak, logika *fuzzy* tidak hanya mengenal sesuatu secara utuh (100%) benar atau (100%) salah, tetapi juga mengenal derajat kebenaran atau derajat keanggotaan. Sebagai contoh perbedaan konsep antara himpunan *crisp* dengan himpunan *fuzzy* diperlihatkan dalam Gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 (a)Himpunan *Crisp*, (b)Himpunan *Fuzzy*, (c)Himpunan *Fuzzy* Untuk Kelompok Usia
Sumber: Yan, 1994:3

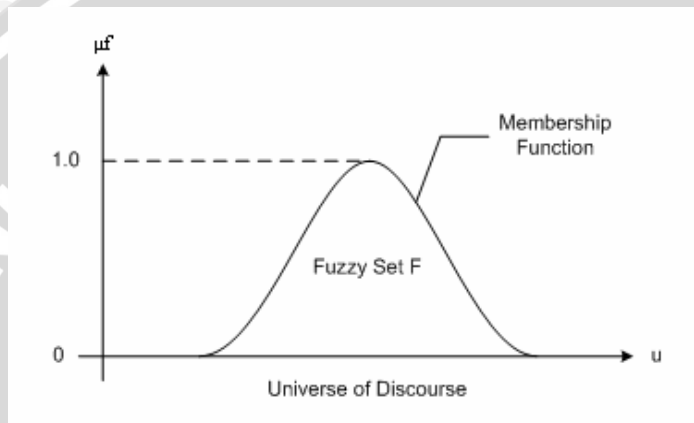
Pada himpunan *crisp*, peralihan dari satu fungsi keanggotaan ke fungsi keanggotaan lain terjadi secara mendadak, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1(a), usia 55 dan 56 digolongkan pada kelompok usia yang sangat berbeda. Berbeda dengan himpunan *fuzzy*, peralihan ini tidak terjadi secara mendadak (Gambar 2.1(c)), usia 60 masuk dalam dua kelompok usia yaitu usia 'menengah' dan 'tua' dengan adanya *overlap* antara dua kelompok usia, saat nilai keanggotaan dalam kelompok 'menengah' turun menuju 0, nilai dalam kelompok 'tua' meningkat secara bertahap menuju nilai 1.

2.2.2 Himpunan Fuzzy

Misalkan U adalah kumpulan obyek yang ditunjukkan oleh $\{u\}$, yang dapat berupa diskrit atau kontinyu. U disebut himpunan semesta sedangkan u mewakili elemen umum dari U . suatu himpunan *fuzzy* F dalam himpunan semesta U dicirikan dengan suatu fungsi keanggotaan μ_F yang mempunyai nilai dalam interval $[0,1]$.

$$\mu_F : U \rightarrow [0,1] \tag{2.1}$$

sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Himpunan Fuzzy dan Fungsi Keanggotaannya
 Sumber: Yan, 1994:16

Suatu himpunan *fuzzy* F dalam U biasanya dituliskan sebagai suatu himpunan pasangan elemen u dan nilai tingkat keanggotaannya yang berurutan:

$$F = \{(u, \mu_F(u)) | u \in U\} \tag{2.2}$$

Bila U kontinyu, himpunan *fuzzy* F dapat dituliskan secara singkat sebagai:

$$F = \int_u \mu_F(u)/u \tag{2.3}$$

Bila U diskrit, himpunan *fuzzy* F ditunjukkan sebagai:

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_F(u_i)/u_i \tag{2.4}$$

atau

$$F = \mu_F(u_1)/u_1 + \mu_F(u_2)/u_2 + \dots + \mu_F(u_i)/u_i + \dots + \mu_F(u_N)/u_N \tag{2.5}$$

2.2.3 Operasi-operasi Himpunan *Fuzzy*

Operasi himpunan *fuzzy* dilakukan dengan memanipulasi fungsi keanggotaannya. Pada bagian ini beberapa operasi himpunan *fuzzy* dasar akan diringkas. Misalkan A dan B adalah dua himpunan *fuzzy* dalam U dengan fungsi keanggotaannya berturut-turut μ_A dan μ_B maka operasi himpunan *fuzzy* berikut dapat didefinisikan:

- Kesamaan

$$A = B \rightarrow \mu_A(u) = \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.6)$$

- Gabungan

$$A \cup B \rightarrow \mu_{A \cup B}(u) = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \quad ,u \in U \quad (2.7)$$

- Perpotongan

$$A \cap B \rightarrow \mu_{A \cap B}(u) = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \quad ,u \in U \quad (2.8)$$

- Komplemen

$$A = \bar{B} \rightarrow \mu_A(u) = \mu_{\bar{B}}(u) = 1 - \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.9)$$

- Normalisasi

$$NORM(A) \rightarrow \mu_{NORM(A)}(u) = \mu_A(u) / \max(\mu_A(u)) \quad ,u \in U \quad (2.10)$$

- Konsentrasi

$$CON(A) \rightarrow \mu_{CON(A)}(u) = (\mu_A(u))^2 \quad ,u \in U \quad (2.11)$$

- Dilasi

$$DIL(A) \rightarrow \mu_{DIL(A)}(u) = (\mu_A(u))^{0,5} \quad ,u \in U \quad (2.12)$$

- Intensifikasi

$$INT(A) \rightarrow \mu_{INT(A)}(u) = \begin{cases} 2(\mu_A(u))^2, & 0 \leq \mu_A(u) \leq 0,5 \\ 1 - 2(1 - \mu_A(u))^2, & 0,5 \leq \mu_A(u) \leq 1 \end{cases} \quad (2.13)$$

- Perkalian aljabar

$$A \cdot B \rightarrow \mu_{A \cdot B}(u) = \mu_A(u) \cdot \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.14)$$

- Penjumlahan terbatas

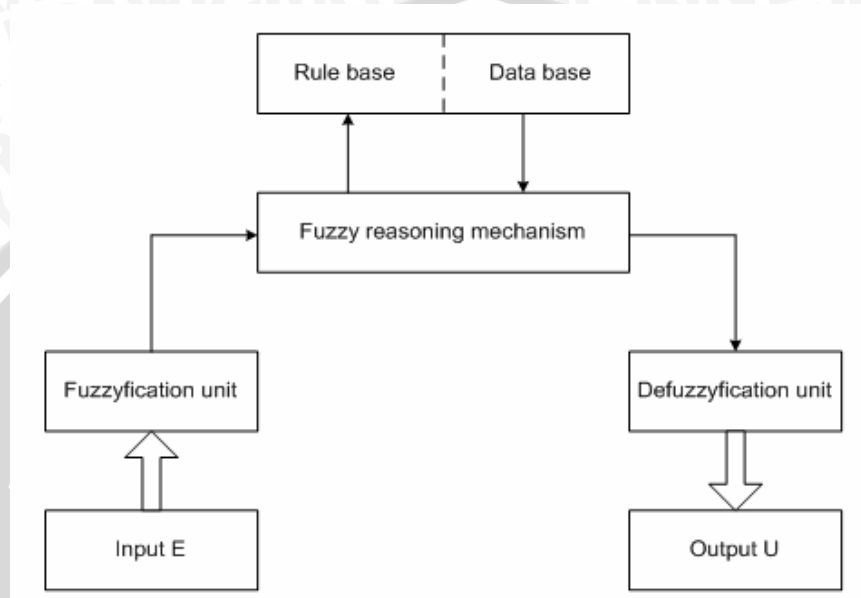
$$A \oplus B \rightarrow \mu_{A \oplus B}(u) = \min \{ 1, \mu_A(u) + \mu_B(u) \} \quad ,u \in U \quad (2.15)$$

- Perkalian drastis

$$A \otimes B \rightarrow \mu_{A \otimes B}(u) = \begin{cases} \mu_A(u), \mu_B(u) = 1 \\ \mu_B(u), \mu_A(u) = 1 \\ 0, \mu_A(u), \mu_B(u) < 1 \end{cases} \quad ,u \in U \quad (2.16)$$

2.2.4 Kontrol Logika *Fuzzy*

Kontrol logika *fuzzy* adalah suatu metodologi kontrol digital yang mensimulasikan jalan pikiran manusia terhadap sistem fisik dan strategi kontrol yang diperlukan secara alami dan logis (Yan, 1994:6). Struktur dasar KLF diperlihatkan dalam Gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Struktur Dasar KLF
Sumber: Yan, 1994:47

Variabel sistem ada dua jenis utama, variabel masukan (E) yang diukur dari proses yang dikontrol dan variabel keluaran (U) yang digunakan oleh KLF untuk mengontrol proses. Untuk masing-masing variabel sistem yang digunakan dalam mengekspresikan aturan-aturan, nilai-nilai yang diijinkan harus dinyatakan sebagai himpunan *fuzzy* dalam himpunan semesta yang sesuai. Penentuan nilai-nilai dalam himpunan *fuzzy* ini merupakan salah satu langkah paling kritis dalam proses perancangan dan sangat mempengaruhi performansi sistem.

Dalam Gambar 2.4 diperlihatkan bahwa elemen utama KLF adalah sebuah unit fuzzyfikasi, unit penyimpulan *fuzzy*, *basis* pengetahuan dan unit defuzzyfikasi. Nilai actual yang diperoleh dari atau dikirim ke proses yang dikontrol berupa nilai *crisp*. Operasi fuzzyfikasi dan defuzzyfikasi dibutuhkan untuk memetakan nilai tersebut ke dan dari nilai *fuzzy* yang digunakan secara internal oleh KLF.

Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis informasi utama, yaitu:

- a. Basis data yang mendefinisikan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* yang digunakan sebagai nilai untuk masing-masing variabel sistem.
- b. Basis aturan, yang memetakan nilai-nilai *fuzzy* masukan ke nilai-nilai *fuzzy* keluaran.

Modul penyimpulan *fuzzy* menggunakan logika *fuzzy* mirip dengan beberapa aspek pembuatan keputusan manusia. Modul ini melakukan penyimpulan *fuzzy* untuk tiba pada aksi kontrol *fuzzy* dengan mengevaluasi basis pengetahuan untuk masukan terfuzzifikasi.

Untuk keluaran, proses defuzzifikasi lebih rumit dan dilakukan sebagai bagian tingkat akhir penyimpulan *fuzzy*. Proses ini meliputi pengkombinasian sejumlah himpunan *fuzzy* (yang dihasilkan dari proses penyimpulan *fuzzy*) dan *weighting* dalam suatu perhitungan yang memberikan suatu nilai *crisp* tunggal untuk masing-masing variabel keluaran.

2.2.4.1 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah proses pemetaan masukan-masukan yang diamati ke himpunan *fuzzy* dalam himpunan semesta masukan yang bervariasi. Dalam pengendalian proses, data yang diamati berupa *crisp* dan fuzzyfikasi diperlukan untuk memetakan range masukan *crisp* teramati ke nilai *fuzzy* yang sesuai untuk variabel masukan sistem. Data yang terpetakan selanjutnya dikonversi menjadi istilah linguistik yang sesuai sebagai label dari himpunan *fuzzy* yang didefinisikan untuk variabel masukan sistem. Proses ini bisa diekspresikan oleh

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.17)$$

Dimana x_0 adalah nilai *crisp* variabel masukan dari proses, x adalah himpunan *fuzzy* yang didefinisikan untuk variabel tersebut dan fuzzifier adalah operator fuzzyfikasi yang mempunyai efek mentransformasikan data *crisp* ke himpunan *fuzzy*.

Secara ringkas strategi fuzzyfikasi dasar meliputi:

1. Mendapatkan nilai *crisp* dari variabel masukan.
2. Memetakan nilai *crisp* dari variabel masukan ke dalam himpunan semesta yang sesuai.

3. Mengkonversi data yang terpetakan menjadi *fuzzy singleton* atau mengkonversinya menjadi istilah linguistic yang sesuai sebagai label dari himpunan *fuzzy* yang didefinisikan untuk variabel itu.

2.2.4.2 Basis Pengetahuan

Basis pengetahuan terdiri dari sebuah basis data dan sebuah basis aturan. Basis data menyediakan definisi yang perlu dari parameter-parameter *fuzzy* sebagai himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada himpunan semesta untuk masing-masing variabel. Penyusunan *basis* data melibatkan pendefinisian himpunan semesta untuk, masing-masing variabel, penentuan jumlah himpunan *fuzzy* serta perancangan fungsi keanggotaannya.

Basis aturan terdiri dari aturan-aturan kontrol *fuzzy* yang menyatakan hubungan pengontrolan, yang ditunjukkan untuk mencapai sarana pengontrolan. Aturan-aturan kontrol *fuzzy* disusun berdasarkan tujuan dan pengalaman pengontrolan yang diberikan oleh orang yang ahli pada bidang tersebut. Tidak ada struktur standar yang formal tentang aturan-aturan *fuzzy* ini. Aturan-aturan *fuzzy* ini biasa dinyatakan dalam bentuk ‘IF...THEN...’ misalnya untuk suatu sistem *multi input multi output* (MIMO), basis aturan dapat ditunjukkan oleh:

Aturan 1 IF $x_1 = A_{11}$ OR...AND $x_m = A_{1m}$ THEN $y_1 = B_{11}$ ALSO... $y_n = B_{1n}$

Aturan 2 IF $x_1 = A_{21}$ OR...AND $x_m = A_{2m}$ THEN $y_1 = B_{21}$ ALSO... $y_n = B_{2n}$

⋮

Aturan N IF $x_1 = A_{N1}$ OR...AND $x_m = A_{Nm}$ THEN $y_1 = B_{N1}$ ALSO... $y_n = B_{Nn}$

IF $x_1 = A_{N1}$ OR...AND $x_m = A_{Nm}$ disebut *antecedent*

$y_1 = B_{N1}$ ALSO... $y_n = B_{Nn}$ disebut *consequent*

Dimana x adalah variabel masukan sistem, A adalah subhimpunan *fuzzy* untuk x , y adalah variabel keluaran sistem, B adalah subhimpunan *fuzzy* untuk y , N adalah jumlah aturan, m adalah jumlah variabel masukan, n adalah variabel keluaran. Ada beberapa kata sambung yaitu *AND*, *OR* dan *ALSO* yang digunakan. *AND* adalah *operator* perpotongan, *OR* adalah *operator* gabungan dan *ALSO* menunjukkan adanya keluaran yang lebih dari satu dalam aturan *fuzzy*.

2.2.4.3 Penyimpulan Fuzzy

Penyimpulan *fuzzy* adalah proses pengevaluasian basis pengetahuan untuk masukan-masukan terfuzzyfikasi yang akan menghasilkan aksi kontrol *fuzzy*. Ada beberapa cara dimana nilai masukan yang akan diamati dapat digunakan untuk mendapatkan aturan-aturan yang seharusnya dipakai dan aksi kontrol *fuzzy* yang tepat. Diantara bermacam-macam metode penyimpulan *fuzzy* yang paling umum digunakan di industri sekarang adalah metode penyimpulan *fuzzy* MAX-MIN yang akan diperlihatkan sebagai berikut:

Diasumsikan suatu basis aturan kontrol *fuzzy* dengan hanya dua aturan:

Aturan 1 $IF\ x = A_1\ AND\ y = B_1\ THEN\ z = C_1$

Aturan 2 $IF\ x = A_2\ AND\ y = B_2\ THEN\ z = C_2$

Dari aturan-aturan tersebut diperoleh nilai derajat kebenaran (*fire strength*). Saat *antecedent* dihubungkan melalui operator “AND”, *fire strength* mengasumsikan nilai *strength* terkecil dari *antecedent*. Nilai minimum ini yang akan menjadi nilai kebenaran bagi aturan tersebut.

Misalkan *fire strength* dari aturan ke-1 ditunjukkan α_1 . untuk masukan x_0 dan y_0 , *fire strength* α_1 dan α_2 dari basis aturan dapat ditunjukkan oleh:

$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2.18)$$

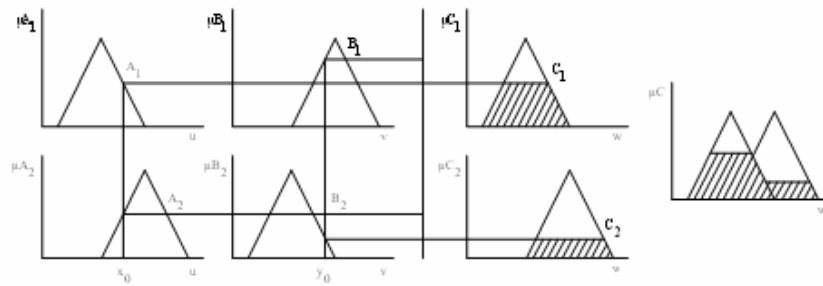
$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2.19)$$

Kontribusi kontrol untuk masing-masing aturan kontrol dihitung berdasarkan pada *fire strength* α dan bagian *consequent* dari aturan tersebut.

Dalam penyimpulan *fuzzy* MAX-MIN, keputusan kontrol yang ditimbulkan oleh aturan ke-1 dapat diekspresikan oleh $\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(W)$ (\wedge menyatakan *min* dan sebaliknya). Sehingga keanggotaan dari *consequent* tersimpul C diberikan oleh

$$\mu_C(W) = (\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(W)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(W)) \quad (2.20)$$

Proses penyimpulan MAX-MIN untuk nilai masukan *crisp* x_0 dan y_0 yang telah dianggap sebagai *fuzzy singleton* diperlihatkan dalam Gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.5 Penyimpulan *Fuzzy* MAX-MIN dengan Masukan *Crisp*
 Sumber: Yan, 1994:55

Secara ringkas penyimpulan *fuzzy* merupakan inti dari suatu KLF yang mempunyai kemampuan untuk mensimulasikan pembuatan keputusan manusia yang didasarkan pada konsep *fuzzy* dan menyimpulkan aksi kontrol *fuzzy* menggunakan aturan-aturan penyimpulan dalam logika *fuzzy*.

2.2.4.4 Defuzzyfikasi

Defuzzyfikasi adalah proses pemetaan dari suatu aksi kontrol *fuzzy* tersimpul ke suatu aksi kontrol *non fuzzy* (*crisp*). Strategi defuzzyfikasi bertujuan untuk menghasilkan aksi kontrol *non fuzzy* yang paling baik mewakili distribusi kemungkinan dari aksi kontrol *fuzzy* tersimpul. Ini dapat dinyatakan oleh:

$$y_0 = \text{defuzzyfier}(y) \tag{2.21}$$

y adalah aksi kontrol *fuzzy*, y_0 adalah aksi kontrol *crisp* dan defuzzyfier adalah operator defuzzyfikasi. Dalam implementasi *real time*, strategi defuzzyfikasi yang paling umum digunakan adalah metode *center of Gravity* (COG). Strategi COG adalah dengan mendapatkan pusat gravitasi dari distribusi kemungkinan aksi kontrol. Ini secara luas digunakan dalam implementasi kontrol logika *fuzzy* saat ini. Untuk sederhananya, misalkan suatu sistem *fuzzy* MISO (*Multi Input Single Output*). Jumlah aturan ditunjukkan oleh n , momen (sekeliling sumbu nol sepanjang himpunan semesta keluaran) fungsi keanggotaan dari himpunan *fuzzy* yang didefinisikan untuk kontrol keluaran aturan ke- i ditunjukkan oleh M_i dan luasnya ditunjukkan oleh A_i , serta *fire strength* dari aturan ke- i ditunjukkan oleh α_i . maka nilai kontrol *crisp* W yang didefuzzyfikasi menggunakan metode COG diberikan oleh:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i A_i M_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i A_i} \quad (2.22)$$

Secara ringkas antar muka defuzzyfikasi meliputi:

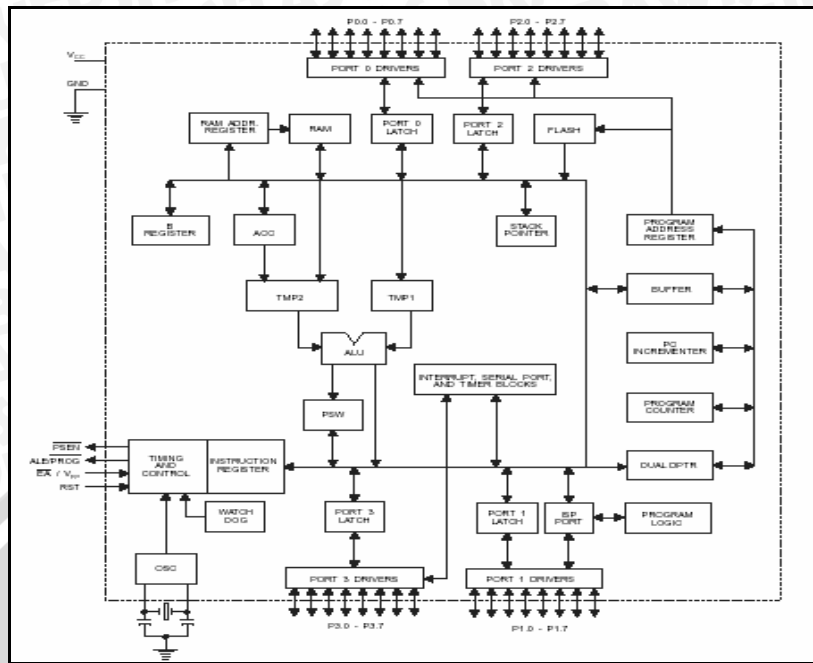
1. Pemetaan nilai variabel keluaran kedalam himpunan semesta yang sesuai.
2. Menghasilkan suatu aksi kontrol *non fuzzy* dari suatu aksi kontrol *fuzzy* yang tersimpulkan.

2.3 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler di dalam alat ini merupakan komponen utama, karena komponen inilah yang akan mengontrol keseluruhan sistem agar dapat bekerja dengan baik dan optimal. Arsitektur dari MCU AT89S52 dapat dilihat dalam Gambar 2.6.

Secara umum arsitektur yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S52 adalah sebagai berikut:

- 8 bit CPU dengan *register A (accumulator)* dan *match register (register B)*.
- 16 bit *Program Counter (PC)* dan *Data Pointer (DPTR) register*.
- 8 bit *Program Status Word (PSW) register*, 8 bit *Stack Pointer*.
- Internal ROM dan EPROM dengan kapasitas 8 *kbyte*.
- Internal RAM dengan kapasitas 128 *byte* yang digunakan untuk 4 buah *register bank*, yang masing-masing terdiri dari 8 *register*, 16 *byte*, yang mana dapat dieksekusi pada masing-masing bit secara *independent (Bit Addesable)* dan sebagai memori *variable* 8 bit.
- 32 input/output yang disusun pada 4 port (port 0 – port 3).
- 2 buah 16 bit *timer/counter*: T0 dan T1.
- *Full Duplex Serial Data Communication*: SBUF.
- *Control Register* :TCON, TMOD, PCON, IP dan IE.
- 2 eksternal interrupt dan 3 internal *interrupt*.
- Oscilator dan *Clock Circuit*.



Gambar 2.6 Diagram Blok AT89S52
 Sumber: Atmel Corporation, 2001: 3

2.3.1 Konfigurasi Pin

Masing-masing kaki atau pin dalam mikrokontroler AT89S52 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler AT89S52, akan lebih mudah merencanakan dan membuat sistem aplikasi mikrokontroler AT89S52. AT89S52 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dapat dilihat dalam Gambar 2.6.

Fungsi kaki-kaki AT89S52 adalah:

- Port 1 (Pin 1..8), berfungsi sebagai port I/O biasa.
- Pin 9 (RST), pulsa transisi dari rendah ke tinggi yang diumpangkan ke pin RST akan mereset AT89S52. Pin ini dihubungkan dengan rangkaian power on reset.
- Port 3 (Pin 10..17), port paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Fungsi pengganti meliputi TXD (Transmit Data), RXD (Receive Data), INT0 (Interrupt 0), INT1 (Interrupt 1), T0 (Timer 0), T1 (Timer 1), WR (Write), RD (Read). Apabila fungsi pengganti tidak digunakan, pin-pin ini dapat digunakan sebagai port I/O biasa.
- Pin 18 (XTAL1), merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal. Osilator kristal dan sumber osilator luar dapat digunakan.

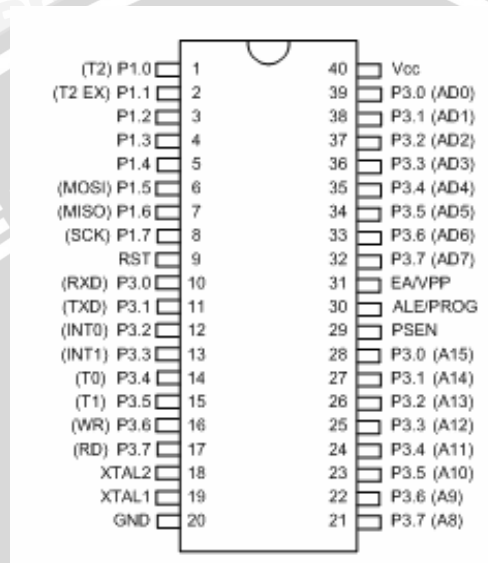
- Pin 19 (XTAL2), merupakan pin masukan ke rangkaian osilator internal. Pin ini dipakai bila menggunakan osilator kristal.
- Pin 20 (*Ground*), dihubungkan ke V_{SS} atau *ground*.
- *Port 2* (Pin 21..28), *port* paralel 8 bit dua arah, dapat digunakan sebagai *port* I/O 8 bit biasa dan digunakan untuk mengirim *byte* alamat bila digunakan untuk mengakses memori eksternal.
- Pin 29 (*PSEN/Program Store Enable*), merupakan pengontrol yang digunakan untuk mengakses program memori eksternal masuk ke dalam bus selama proses pemberian/pengambilan instruksi.
- Pin 30 (*ALE*), digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi.
- Pin 31 (*EA*), jika diberi logika tinggi, maka mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM. Bila diberikan logika rendah, mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari memori program luar.
- *Port 0* (Pin 32..39), merupakan *port* paralel 8 bit open drain dua arah. *Port 0* dapat digunakan sebagai *port* I/O biasa dan dapat juga digunakan untuk memultiplek alamat dengan data pada waktu mengakses memori eksternal.
- Pin 40 (V_{CC}), dihubungkan ke V_{CC} (+5 volt).

2.3.2 Struktur dan Operasi *Port*

Mikrokontroler AT89S52 memiliki 3 buah *port*. Setiap *port* memiliki 8 buah jalur I/O yang bersifat *bidirectional*. Beberapa karakteristik *port* mikrokontroler AT89S52 dijelaskan secara singkat berikut ini:

- *Port 0* dapat digunakan sebagai *port* I/O biasa, pada fungsi sebagai *port* I/O biasa *port* ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah TTL *input* atau dapat diubah sebagai *input* dengan memberikan logika 1 pada *port* tersebut.
- *Port 1* merupakan *port* I/O biasa. *Port* ini mempunyai internal *pull-up* dan berfungsi sebagai *output* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL. *Port 1* memiliki kemampuan untuk menyangga beban sampai dengan 20 mA dan dapat mengemudikan LED secara langsung.

- *Port 2* merupakan *port I/O* biasa. *Port* ini mempunyai *internal pull-up* dan berfungsi sebagai *output* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input TTL*.
- *Port 3*, sebagai *I/O* biasa *port 3* mempunyai sifat yang sama dengan *port 1* maupun *port 2*. Sedangkan sebagai fungsi khusus *port-port* ini mempunyai penjelasan seperti yang terlihat dalam Tabel 2.1.



Gambar 2.7 Susunan Pin AT89S52
Sumber: Atmel Corporation, 2001: 1

Tabel 2.1 Fungsi Khusus *Port 3*
Sumber: Atmel Corporation, 2001: 4

Jalur	Fungsi Alternatif
P3.0	<i>Input</i> data serial RXD
P3.1	<i>Output</i> data serial TXD
P3.2	<i>Input</i> Interupsi Eksternal INT0
P3.3	<i>Input</i> Interupsi Eksternal INT1
P3.4	<i>Input</i> Counter T0
P3.5	<i>Input</i> Counter T1
P3.6	<i>External Data Memory Write Strobe</i>
P3.7	<i>External Data Memory Read Strobe</i>

2.3.3 Register Fungsi Khusus

Register fungsi khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80_H sampai FF_H . *Register-register* ini hanya dapat diakses dengan pengalamatan langsung, baik per bit maupun per *byte*. SFR berisi *register-register* dengan fungsi tertentu. Masing-masing *register* seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.1 yang meliputi simbol, nama, dan alamatnya serta keadaannya dalam nilai biner pada saat terjadi *power-on reset*.

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

- *Accumulator* (ACC); merupakan *register* untuk penambahan dan pengurangan. Akumulator juga disebut sebagai *register A*.
- *Register B*; merupakan *register* yang berfungsi untuk melayani operasi perkalian dan pembagian.
- PSW; terdiri dari beberapa bit status yang menggambarkan kejadian di akumulator sebelumnya, yang pengkondisian keadaan akumulator tersebut melalui *flag register* yang terdiri dari *carry flag*, *auxiliary carry flag*, *parity flag*, *overflow flag*, dua bit pemilih *bank*, dan dua *flag* yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai.
- *Control Register*; terdiri atas *register* yang mempunyai fungsi kontrol. Terdapat dua *register* khusus untuk mengontrol sistem interupsi, yaitu *register* IP (*Interrupt Priority*) dan *register* IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan *timer/counter* terdapat *register* khusus, yaitu *register* TMOD (*Timer/counter Mode Control*) dan *register* TCON (*Timer/counter Control*).
- *Stack Pointer* (SP); merupakan *register* 8 bit yang diletakkan di alamat manapun pada RAM internal. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi *PUSH* dan *CALL*. Pada saat *reset*, *register* SP diinisialisasi pada alamat 07_H , sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08_H .
- *Data Pointer* (DPTR); terdiri dari dua *register*, yaitu untuk *byte* tinggi (*Data Pointer High*) dan untuk *byte* rendah (*Data Pointer Low*). Fungsinya untuk

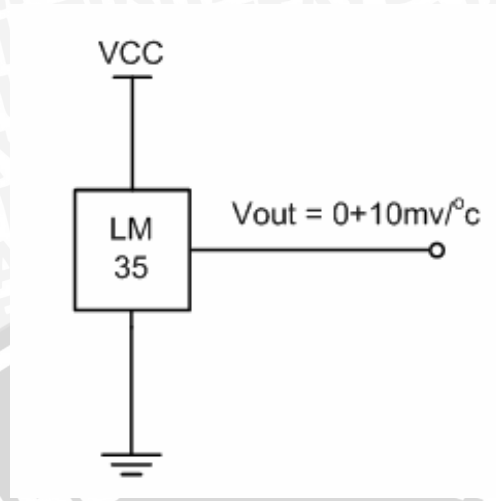
menahan alamat 16-bit. DPTR dapat dimanipulasi sebagai *register* 16-bit atau sebagai dua buah *register* 8-bit.

- *Port 0* sampai *Port 3* merupakan *register* yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada *port 0*, *1*, *2*, dan *3*. Masing-masing *register* ini dapat dialamati per-bit maupun per-byte.
- *Serial Data Buffer* seharusnya merupakan dua buah *register* yang terdiri dari *transmitt buffer register* dan *receive buffer register*. Pada saat data dipindahkan ke SBUF, *register* tersebut akan menjadi *transmit buffer register* sedangkan pada saat data dipindahkan dari SBUF maka *register* tersebut akan berubah menjadi *receive buffer register*.
- *Timer Register*; terdiri dari pasangan *register* TH0, TL0 dan TH1, TL1 merupakan *register* 16 bit yang berfungsi sebagai *register counter* untuk *timer/counter 0* dan *timer/counter 1*.

2.4 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu IC LM35 merupakan komponen yang sangat peka atau sangat mudah mengalami perubahan tegangan, apabila IC LM35 tersebut dikenai perubahan suhu. Hal disebabkan sifat dari bahan konduktor yang peka terhadap perubahan suhu. Besarnya tegangan keluaran pada IC LM35 adalah berbanding lurus dengan suhu mutlak dan perubahan sebesar 10mV tiap derajat celcius. Hal ini memungkinkan pembacaan tegangan sebagai akibat dari perubahan suhu dengan alat ukur yang mempunyai sensitivitas milivolt.

Karakteristik umum IC LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal, memiliki tingkat ketelitian 0,5°C pada suhu dibawah 25°C, beroperasi dalam jangkauan tegangan antara -550 mV sampai 1500 mV dan mempunyai jangkauan penginderaan antara -55°C sampai 150°C. Gambar IC LM35 adalah seperti Gambar 2.8 dibawah ini:

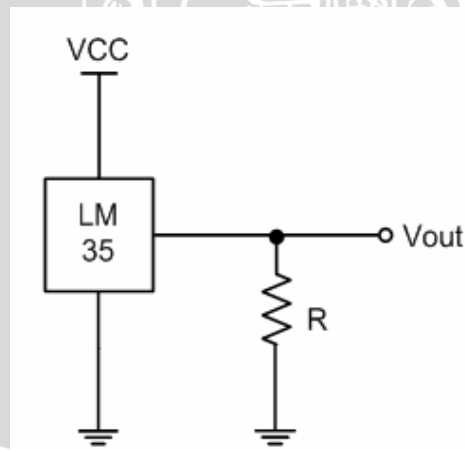


Gambar 2.8 IC LM35

Sumber : National Semiconductor, 2000

Untuk mempermudah jangkauan penginderaan (*full range*) maka harus ditambah suatu resistor (R) yang dipasang parallel dengan *output* IC LM35 dan eksternal supply -Vcc seperti yang terlihat pada Gambar 2.9 dibawah ini. Untuk menentukan besarnya harga resistor yang harus dipasang sesuai dengan spesifikasi perhitungan dari IC LM35 yaitu:

$$R = -V_{cc}/50\mu\text{A}. \quad (2.23)$$

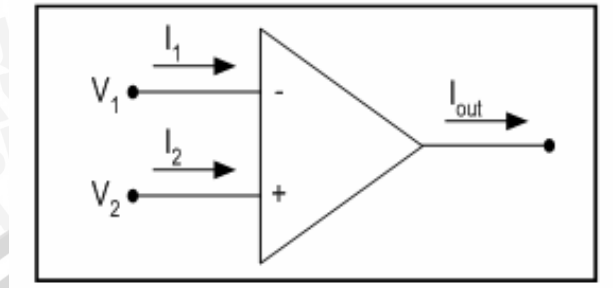


Gambar 2.9 IC LM35 dengan R Parallel

Sumber : National Semiconductor, 2000

2.5 Operational Amplifier (Op-Amp)

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



Gambar 2.10 Penguat Operasional
Sumber: Coughlin, 1992 : 19

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

2.5.1 Penguat Penyangga (*Buffer*)

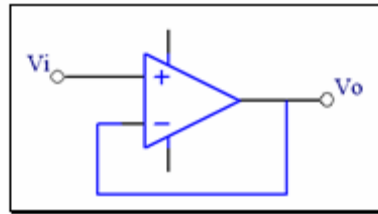
Penguat penyangga merupakan penguat yang berfungsi untuk penguatan tanpa pembalikan fasa. Artinya sinyal output penguat sefase dengan sinyal input penguat yang diberikan dan merupakan umpan balik negatif 180° seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.11 bahwa tahanan umpan baliknya tidak ada sehingga seluruh tegangan keluaran akan diumpan balikkan kemasukan. Penguat tegangan dari penguat penyangga ini sama dengan satu, dimana:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = 1 \quad (2.24)$$

V_o = Tegangan keluaran

V_i = Tegangan masukan

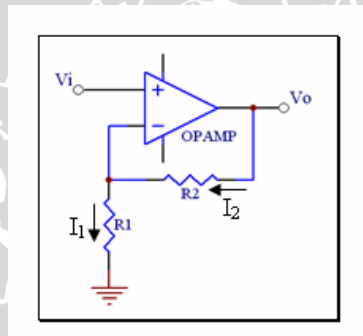
Penguat penyangga disebut juga dengan pengikut tegangan karena tegangan keluaran penguat mengikuti tegangan masukan baik besarnya maupun fasanya. Penguat penyangga ini digunakan untuk mengisolasi suatu tingkat penguat dari penguat berikutnya agar tidak terbebani.



Gambar 2.11 Penguat Penyangga
Sumber: Coughlin, 1992 : 42

2.5.2 Penguat Tak Membalik

Penguat tak membalik (*non-inverting*) adalah penguat yang sinyal inputnya diberikan ke masukan *non-inverting* (terminal positif). Tegangan keluaran diumpun balikkan ke masukan *inverting*. Rangkaian dari penguat tak membalik ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Rangkaian Op-Amp Penguat Tak Membalik
Sumber : Coughlin, 1992 : 47

Besarnya penguatan untuk penguat tak membalik adalah sebagai berikut:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}, \quad I_1 = I_2$$

$$V_o = R_1 I_1 + R_2 I_2$$

$$= I_1 (R_1 + R_2)$$

$$= \frac{V_1}{R_1} (R_1 + R_2)$$

$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1$$

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

(2.25)

2.6 Analog to Digital Converter (ADC 0804)

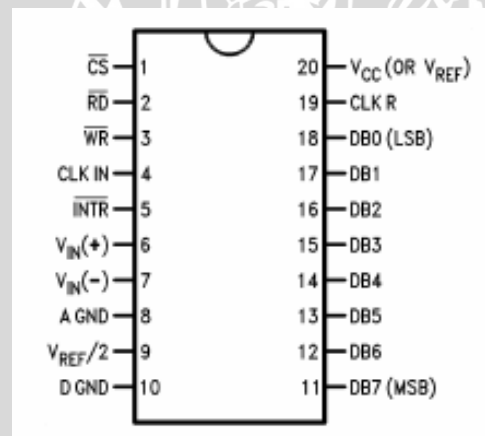
ADC berfungsi menghasilkan output digital yang mewakili level tegangan dari sinyal analognya. Keluaran ADC adalah bilangan biner (bit). ADC tipe 0804 yang mempunyai jalur masukan sinyal analog yaitu $V_{in}(+)$ untuk tegangan maksimal dan $V_{in}(-)$ untuk tegangan minimal dari ADC. Catu daya untuk ADC tipe ini adalah 5V, jadi untuk mendapatkan $V_{in}(+)$ pin tersebut dihubungkan dengan tegangan keluaran dari pengkondisi sinyal sedangkan untuk $V_{in}(-)$ dihubungkan dengan *ground*. Sedangkan untuk pin 9 ditentukan tegangan sebesar:

$$\frac{V_{ref}}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 V \quad (2.26)$$

Kenaikan tiap langkah untuk satu keluaran biner diperoleh :

$$V_{step} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{5}{256 - 1} = 19,6 mV \quad (2.27)$$

ADC 0804 ditunjukkan dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 ADC 0804

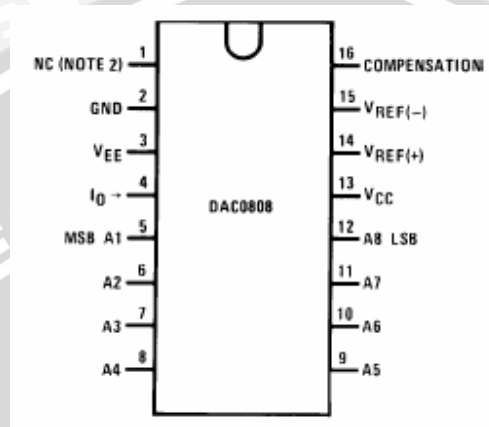
Sumber : National Semiconductor, 1999: 1

2.7 DAC (Digital to Analog Converter) 0808

DAC 0808 merupakan sebuah konverter yang mengambil harga yang dinyatakan dalam kode digital dan mengubahnya menjadi tegangan atau arus yang sebanding dengan nilai digitalnya tersebut. Sistem yang dipakai adalah sistem R-2R 8-Bit yang dilengkapi dengan sumber arus acuan dan delapan buah transistor saklar. Gambar IC DAC ditunjukkan dalam Gambar 2.14, pin 5 sampai pin 12 merupakan masukan data yang akan dikonversi kedalam bentuk analog. Pin 1 tidak digunakan dalam artian tidak ada sambungan. Pin 2 digunakan untuk *ground*

atau pentanahan dengan tegangan catu positif pada pin 13 dan tegangan negatif pada pin3.

Tegangan referensi dihubungkan dengan pin 14 dan 15 untuk negatifnya. Referensi yang digunakan sebenarnya referensi arus, sehingga diperlukan resistor eksternal untuk mengatur arus referensi. Keluaran DAC ini terdapat pada pin 4 yang berupa arus.

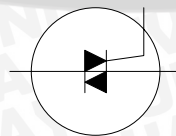


Gambar 2.14 Susunan Pin DAC 0808
Sumber : National Semiconductor, 1999: 1

2.8 Triac

Triac adalah komponen 3 elektroda dari keluarga *thyristor*. Triac merupakan 2 buah SCR yang dihubungkan paralel berkebalikan dengan terminal *gate* bersama. Berbeda dengan SCR yang hanya melibatkan tegangan dengan polaritas positif saja, triac dapat dipicu dengan tegangan polaritas positif dan negatif serta dapat dihidupkan dengan menggunakan tegangan bolak-balik yang ada pada *gate*. Triac banyak digunakan pada rangkaian pengendali dan pensaklaran.

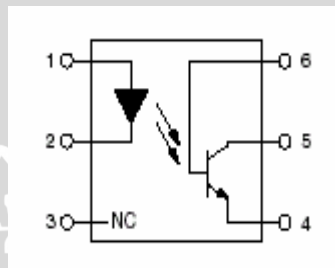
Triac akan menghantar jika pada terminal *gate* diberi pemicuan yang berupa arus dengan tegangan positif dan negatif. Triac akan tetap on bila arus *thermis* yang mengalir pada triac lebih besar dari arus penahanan ($I_T > I_H$).



Gambar 2.15 Simbol Triac
Sumber: Malvino, 1996: 271

2.9 Optocoupler

Terdiri dari LED sebagai pemancar dan *phototransistor* sebagai penerimanya. *Phototransistor* adalah transistor yang mempunyai kemampuan mendeteksi cahaya dan juga memberikan penguatan arus. Bila cahaya mengenai sambungan kolektor-basis, maka akan mengalir arus bocor balik dalam phototransistor. Arus emitor-basis yang kecil digunakan untuk mengendalikan arus emitor-kolektor yang jauh lebih besar pada susunan rangkaian biasa. Efek tersebut digunakan untuk memperoleh kondisi on/ off atau mengatur dan menguatkan arus yang sebanding dengan jumlah cahaya yang mengenai sambungan kolektor-basis. Gambar *optocoupler* tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.16.



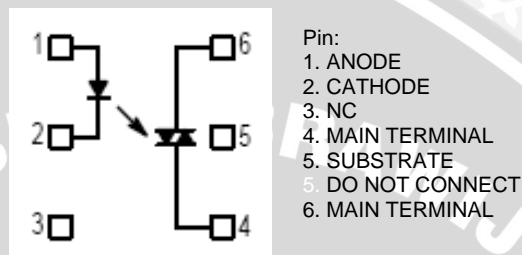
Gambar 2.16 Optocoupler
(Sumber: Fairchild Semiconductor Corp, 2002 : 1)

Keuntungan utama menggunakan *optocoupler* adalah pemisahan secara listrik antara rangkaian masuk dan keluarnya. Dengan *optocoupler*, hubungan yang ada antara masukan dan keluaran hanya seberkas cahaya. Karena hal ini, dapat diperoleh resistansi penyekatan diantara dua rangkaian itu. Pemisahan seperti ini kebetulan dibutuhkan dalam pemakaian-pemakaian bertegangan tinggi, yang potensial di antara dua rangkaian itu dapat berbeda sampai beberapa ribu volt (Malvino, 1985: 99).

2.10 Optotriac MOC3021

Optotriac MOC3021 mempunyai dioda LED *gallium arsenida* dan sebuah *phototriac*. Saat cahaya menimpa *phototriac* maka *phototriac* akan berkonduksi. MOC3021 didesain untuk pemakaian *triac* sebagai antarmuka sistem logika ke jaringan 220 VAC. *Phototriac* dipakai sebagai pengendali *triac*, oleh karena itu, *phototriac* dalam *optotriac* ini dinamakan *triac driver*.

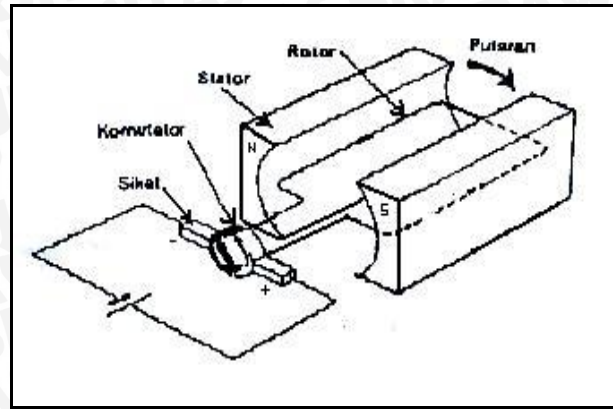
LED GaAs mempunyai tegangan jatuh 1,5V nominal pada 10 mA dan suatu tegangan *breakdown* balik lebih besar dari 3V. Arus maksimal yang dapat dilewatkan melalui LED adalah 60 mA. MOC mempunyai tegangan penghalang minimum sebesar 400 V pada kedua arah dengan kurang dari 3 V tegangan jatuhnya. Sekali terpicu dalam keadaan on (menghantar), *phototriac* akan tetap on demikian sampai arusnya turun di bawah arus penahanan sebesar 100 μ A, pada saat di mana *phototriac* akan kembali ke keadaan off.



Gambar 2.17 Rangkaian Aplikasi Standar MOC3021
 Sumber: Motorola, 1995: 1

2.11 Motor DC

Motor DC pada dasarnya sama dengan motor AC, kecuali bahwa motor DC mempunyai suatu komutator yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah. Gambar 2.18 memperlihatkan gambar dasar motor DC. Motor ini menggunakan sikat dan cincin belah (komutator). Saat siklus pertama, arus mengalir dari kutub positif ke negatif. Aliran arus yang melewati bagian kabel yang berada didekat kutub N magnet akan menimbulkan gaya *Lorentz* ke bawah. Sementara itu aliran arus yang melewati kabel yang berada di dekat kutub S magnet akan menyebabkan gaya *Lorentz* ke atas. Kedua perpaduan gaya *Lorentz* tersebut akan menyebabkan kawat berputar. Pada siklus berikutnya terjadi hal yang serupa seperti pada siklus sebelumnya. Apabila arus terus-menerus dialirkan, maka kawat akan berputar secara terus menerus pula. Pada aplikasi sesungguhnya, kawat adalah sebuah rotor yang akan dikopel dengan sebuah as dan akan memutar as tersebut terus menerus seiring perputaran motor.



Gambar 2.18 Bagan Motor DC
Sumber: Kismet F 1994:98

2.12 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Liquid Crystal Display atau LCD adalah salah satu jenis penampil yang digunakan untuk menampilkan angka, karakter, atau bahkan angka dan karakter. LCD terdiri atas tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair (*liquid crystal*), yang tembus cahaya. Permukaan luar dari masing-masing keping kaca mempunyai lapisan penghantar tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan sekitar 1×10^{-5} meter dan diisi dengan kristal cair (*liquid crystal*). Diagram blok LCD ditunjukkan dalam Gambar 2.19.

LCD merupakan modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah. LCD memiliki keistimewaan dibandingkan tampilan yang lain seperti *sevent segment* yaitu kemampuan untuk menampilkan karakter dan berbagai macam simbol. Salah satu jenis LCD diantaranya adalah LCD tipe *dot matriks 5x7*, tersusun sebanyak dua baris dan masing-masing baris terdiri atas 20 karakter. Setiap karakter dibentuk oleh 5x7 buah titik, sehingga jenis huruf yang mampu ditampilkan akan lebih banyak dan lebih baik dibandingkan dengan penampil *7 segment* atau *16 segment*.

Dalam gambar terlihat bahwa dengan adanya controler pada LCD maka LCD dapat dianggap sebagai suatu lokasi memori dari suatu unit prosesor, sehingga instruksi penampilan karakternya dapat digabungkan menjadi satu dengan unit prosesor.

Untuk dapat menggunakan LCD maka hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sinyal kontrol dari LCD yaitu : RS, R/W dan EN. Instruksi operasi meliputi operasi dasar *register*, *busy flag*, *address counter*, *display data RAM*, *character generator ROM*.

- *Register*

Kontroler LCD mempunyai dua buah *register 8 bit*, yaitu *register* interupsi (IR) dan *register* data (DR). Kedua *register* ini dipilih melalui *register select* (RS)

- *Busy Flag*

Busy flag menunjukkan bahwa modul LCD siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana terlihat pada tabel *register* seleksi, sinyal akan melalui DB₇ jika RS = 0 dan R/W = 1.

- *Address Counter (AC)*

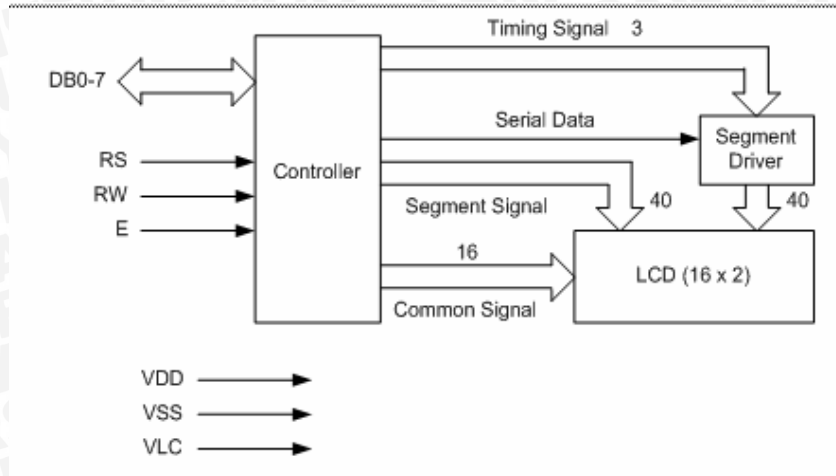
Address counter menunjukkan suatu lokasi memori dalam LCD dimana suatu data diletakkan dalam modul LCD. Pemilihan lokasi alamat diberikan melalui *register* instruksi (IR). Ketika data berada pada AC, maka secara otomatis AC akan menaikkan atau menurunkan alamat dari *entry mode set*.

- *Display Data RAM (DD RAM)*

Pada LCD masing-masing line mempunyai *range* alamat tersendiri. Alamat-alamat itu diekspresikan melalui bilangan hexadesimal. Untuk line 1 menggunakan kisaran alamat 00_H - 0F_H, sedangkan pada line 2 menggunakan kisaran alamat 40_H - 4F_H.

- *Character Generator ROM (CG ROM)*

CG ROM membangkitkan 192 buah tipe 5 X 7 karakter dot matriks. Pada LCD telah tersedia ROM sebagai pembangkit karakter dalam kode ASCII. CG RAM digunakan apabila diinginkan untuk pembuatan karakter tersendiri melalui program, dengan maksimal 8 buah karakter.



Gambar 2.19 Diagram Blok LCD Seiko Instrument M1632
 Sumber: *Seiko Manual*, 1998:13

2.12.1 Konfigurasi Pin-pin LCD

Konfigurasi dan fungsi-fungsi umum pin-pin LCD ditunjukkan dalam Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Konfigurasi pin-pin LCD
 Sumber: *EL-TECH Electronics*, 1987:2

No	SIMBOL	LEVEL	FUNGSI	
1	Vss	-	Power Supply	0 Volt (<i>Ground</i>)
2	Vcc	-		5 Volt +/- 10 %
3	Vee	-		For LCD Drive
4	RS	H/L	H = <i>Input Data</i> L = <i>Input Instruksi</i>	
5	R/W	H/L	H = <i>Read</i> L = <i>Write</i>	
6	E	H	Data Bus	
7	DB0	H/L		
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L	Back Light Supply	
14	DB7	H/L		
15	V+ BL	-	4 – 4,2 Volt, 50 – 200 mA	
16	V- BL	-	0 Volt (<i>Ground</i>)	

2.12.2 Fungsi-fungsi Terminal

Fungsi-fungsi terminal ditunjukkan dalam Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Fungsi-fungsi Terminal

Sumber: EL-TECH Electronics, 1987:7

NAMA SINYAL	NO. TERM.	I/O	TUJUAN	FUNGSI
DB ₀ – DB ₃	4	I/O	MPU	Lalu lintas data dan instruksi, <i>lower byte</i>
DB ₄ – DB ₇	4	I/O	MPU	Lalu lintas data dan instruksi, <i>upper byte</i>
E	1	INPUT	MPU	Sinyal Start (Read/Write)
R/W	1	INPUT	MPU	Sinyal seleksi instruksi
NAMA SINYAL	NO. TERM.	I/O	TUJUAN	FUNGSI
RS	1	INPUT	MPU	Sinyal seleksi <i>register</i>
V _{LC}	1	-	Power Supply	Driver LCD
V _{DD}	1	-	Power Supply	5 Volt
V _{SS}	1	-	Power Supply	0 Volt (<i>Ground</i>)

LCD tipe M1632 ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- LCD ini terdiri dari 32 karakter dengan 2 baris masing-masing 16 karakter dengan *display* dot matrik 5x7
- Karakter generator ROM dengan 192 tipe karakter
- Karakter generator RAM dengan 8 bit karakter
- 80x8 bit display data RAM
- Dapat diinterfacekan ke MCU 8 atau 4
- Dilengkapi fungsi tambahan antara lain *display clear*, *cursor home*, *display on/off*, *cursor on/off*, *display character blink*, *cursor shift*, *display shift*
- *Internal data*
- *Internal* otomatis, reset pada saat *power on*
- Tegangan +5 volt PSU tunggal

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

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

- Register

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

- *Busy Flag*

Busy flag menunjukkan bahwa *module* siap untuk menerima instruksi selanjutnya. Sebagaimana yang terlihat dalam Tabel 2.4, register seleksi sinyal akan melalui DB₇ jika RS=0 dan R/W=1. Jika bernilai 1 maka modul LCD sedang melakukan kerja internal dan instruksi tidak akan diterima. Oleh karena itu status dari *flag* harus diperiksa sebelum melaksanakan instruksi selanjutnya.

Tabel 2.4 Register seleksi

Sumber: EL-TECH Electronics, 1987:48

RS	R/W	OPERASI
0	0	Seleksi IR, IR Write <i>Display Clear</i>
0	1	<i>Busy Flag</i> (DB ₇) @ <i>counter</i> (DB ₀ -DB ₇) read
1	0	Seleksi DR, DR write

BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif yang diwujudkan dalam bentuk prototipe, yaitu perencanaan dan perealisasi-an alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang diambil dari internet, buku dan data sheet komponen elektronika. Pemilihan komponen berdasarkan perencanaan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat secara umum adalah sebagai berikut:

- Penentuan spesifikasi alat
- Perancangan kontroler
- Perancangan alat
- Pengujian alat
- Pengambilan kesimpulan

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

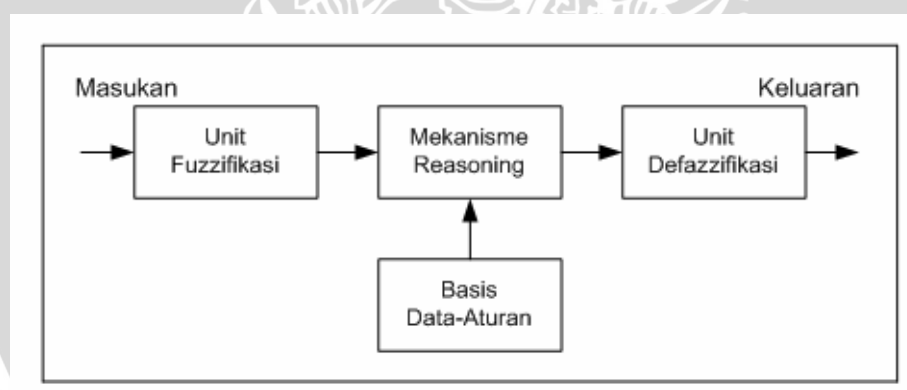
Sebelum melakukan perancangan, maka terlebih dahulu menentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan adalah sebagai berikut:

- a. Menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai komponen utama rangkaian kontrol
- b. Sensor suhu LM35 yang disetting untuk beroperasi pada suhu 20°C-100°C
- c. ADC 0804 sebagai pengkonversi sinyal analog ke digital
- d. DAC 0808 sebagai pengkonversi sinyal digital ke analog
- e. LCD sebagai tampilan suhu pada ruang pemasak kanji
- f. Motor sebagai pengaduk, kran dan pompa kanji
- g. *Heater* berfungsi untuk menaikkan suhu pada ruang pemasak kanji

3.2 Perancangan Kontroler

Dalam perancangan kontroler ini menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy* (KLF). KLF ini merupakan suatu model logika yang mempresentasikan cara berpikir seorang ahli menjadi strategi kontrol otomatis. KLF dapat mengatasi keterbatasan model matematika pengendalian karena dapat diselesaikan jika diketahui hubungan yang pasti antara masukan dan keluaran sistem. Dengan implementasi sistem *fuzzy* berbasis mikrokontroler ini maka pembuatan alat ini dapat segera direalisasikan.

Sedangkan struktur sederhana dari pengendali kontrol logika *fuzzy* secara umum meliputi langkah *fuzzifikasi*, yaitu mengubah sinyal masukan yang berasal dari sensor suhu menjadi *crisp input* sehingga dapat diproses oleh kontrol logika *fuzzy*, *knowledge base* (basis data dan aturan), yaitu membuat fungsi keanggotaan *fuzzy* serta *rule-base fuzzy system* (*fuzzy inference system*), mekanisme reasoning dan *defuzzifikasi*, yaitu mengubah *crisp output* yang telah diproses oleh kontrol logika *fuzzy* menjadi sinyal keluaran.



Gambar 3.1. Pengendali Kontrol Logika Fuzzy
Sumber: Perancangan

3.3 Perancangan Alat

Perancangan alat dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya yang siap untuk direalisasikan. Hal ini dilakukan agar alat yang dibuat dapat berjalan sebagaimana mestinya. Perancangan alat yang dilakukan meliputi:

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi:

1. Perancangan Rangkaian Mekanik

Rangkaian mekanik yang akan dibuat terdiri dari susunan komponen yang membentuk sebuah *prototype* pemasak kanji yang dapat mengendalikan suhu secara otomatis.

2. Perancangan Rangkaian Elektronik

Dalam perancangan rangkaian elektronik dimulai dengan pembuatan diagram blok sistem alat secara keseluruhan, kemudian setiap bagian dari blok diagram dianalisa, diperhitungkan dan dilakukan perancangan berdasarkan fungsinya masing-masing dengan mengacu pada spesifikasi keseluruhan yang telah ditentukan. Disamping itu juga perlu dipertimbangkan tentang pemilihan komponen penyusun sistem alat sesuai dengan yang tersedia dipasaran dan karakteristik komponen.

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

3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perencanaan perangkat lunak dimulai dengan membuat aturan-aturan (*rules*) yang berbentuk *IF-THEN* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) program. Hal ini didasarkan dengan apa yang harus dilakukan oleh perangkat keras secara otomatis pada kondisi tertentu, diantaranya proses inisialisasi, pendeteksian suhu oleh sensor suhu LM 35 dan pengambilan data. Perangkat lunak menggunakan bahasa *assembler* yang kompatibel dengan keluarga MCS-51. Pembuatan perangkat lunak harus melalui uji coba baik secara *software* maupun *hardware*.

3.4 Pengujian Alat

Pengujian alat ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja sistem yang telah dirancang, baik perblok maupun secara keseluruhan, apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian alat dilakukan dengan mengubah-ubah suhu dalam ruangan pemasak kanji serta dibantu dengan software simulasi dan program-program yang dibuat khusus untuk tujuan pengujian sistem.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian alat dan melihat unjuk kerja sistem secara keseluruhan dan kemudian dibandingkan dengan spesifikasi sistem yang ditetapkan maka dapat ditarik kesimpulan apakah sistem telah sesuai dengan yang diharapkan atau belum. Saran diberikan setelah melihat adanya kekurangan dalam sistem yang telah dibuat, dengan harapan nantinya alat ini bisa dikembangkan lebih baik dan bisa digunakan untuk kebutuhan industri *textile*.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan alat pengontrol suhu pada pemasak kanji ini dilakukan secara bertahap yakni blok demi blok, sehingga akan memudahkan dalam penganalisaan disetiap bloknnya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Beberapa aspek lain yang akan dijelaskan dalam bab ini adalah spesifikasi dan diagram blok sistem beserta prinsip kerjanya.

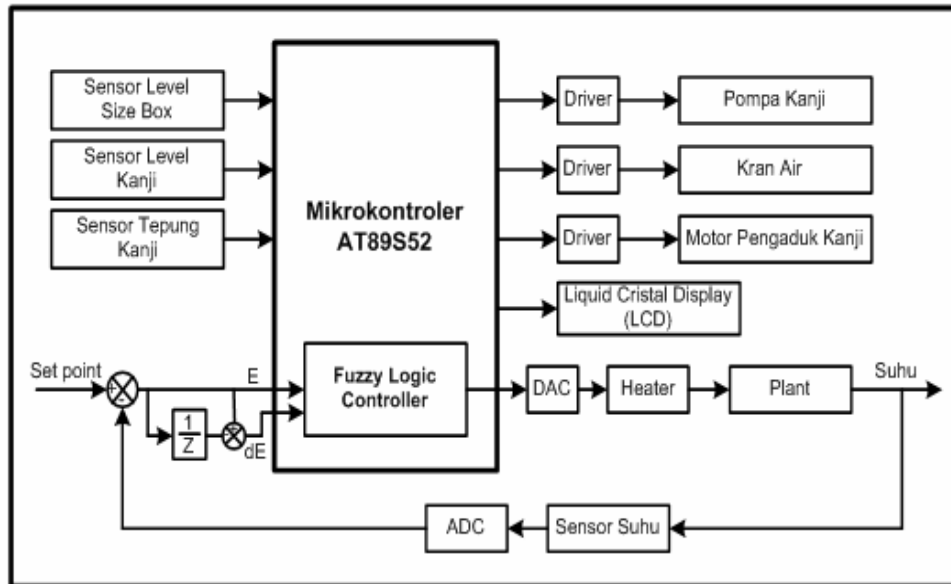
4.1 Spesifikasi Sistem

Sistem alat pengontrol suhu pada pemasak kanji yang akan dibuat ini mempunyai spesifikasi teknis sebagai berikut:

- a) Media pemasak kanji yang digunakan berupa *prototype* yang mewakili media pemasak kanji yang sesungguhnya.
- b) Kontroler yang digunakan adalah kontroler logika *fuzzy*.
- c) Menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai komponen utama rangkaian kontrol.
- d) Menggunakan 4 buah sensor yaitu sensor suhu, sensor level air pada tabung pemasak kanji, sensor level kanji pada *size box* dan sensor pemasukan tepung kanji.
- e) Komponen ADC yang digunakan adalah ADC 0804.
- f) Range suhu ruang pemasak kanji yang diukur antara 20 – 100 °C.
- g) Aktuator untuk menaikkan suhu ruang pemasak kanji menggunakan *heater*, dan untuk menurunkan suhu ruangan tidak menggunakan elemen pendingin melainkan hanya mematikan pemanas saja, karena dengan mematikan pemanas pada saat respon melebihi setpoint maka suhu akan turun tersendiri dengan cepat. sedangkan untuk pengisian air, pengadukan kanji dan pompa kanji menggunakan motor DC.
- h) Penampilan suhu menggunakan *display* LCD M1632.

4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem alat pengontrol suhu pada pemasak kanji ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem
Sumber: Perancangan

Keterangan diagram blok:

- Sensor level kanji digunakan untuk mendeteksi volume air yang diinginkan dan mendeteksi kanji ketika kosong pada tabung pemasak kanji.
- Sensor level *size box* digunakan untuk mendeteksi volume perekat kanji yang diinginkan.
- Sensor tepung kanji digunakan untuk mengetahui pemasukan tepung kanji ke dalam tabung pemasak kanji.
- Sensor suhu digunakan untuk mendeteksi suhu pada ruang pemasak kanji.
- Mikrokontroler berfungsi untuk mengendalikan keseluruhan proses kerja sistem.
- ADC berfungsi sebagai pengkondisi sinyal untuk mengkonversi analog ke digital dari keluaran sensor suhu.

- DAC berfungsi sebagai konversi digital ke analog dari keluaran mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur besar kecilnya energi panas pada *heater*.
- *LCD* digunakan untuk menampilkan suhu pada ruang pemasak kanji.
- Kran air berfungsi untuk mengalirkan air dari tandon ke ruang pemasak kanji.
- Motor pengaduk kanji berfungsi untuk mengaduk pencampuran kanji dan air agar proses pemanasan kanji merata.
- Pompa kanji berfungsi untuk mengalirkan kanji dari tabung pemasak kanji ke *size box*.
- *Heater* berfungsi untuk menaikkan suhu ruang pemasak kanji.

4.3 Prinsip Kerja Alat

- Pertama dilakukan proses pendeteksian volume air pada tabung pemasak kanji, apabila volume air pada tabung penuh maka dilakukan proses pengadukan pertama, dan apabila volume tabung kosong maka dilakukan proses pengisian air tabung pemasak kanji dengan mengaktifkan kran air tandon.
- Kemudian sensor level tabung kanji akan mendeteksi kembali volume air tabung pemasak kanji, apabila volume air tabung pemasak kanji sudah sesuai yang diinginkan maka kran akan mati. Jika tidak kran tetap aktif sampai volume air tabung sesuai yang diinginkan.
- Setelah volume air tabung sesuai yang diinginkan maka akan dilakukan proses pengadukan pertama dengan kecepatan lambat dengan mengaktifkan motor pengaduk setelah itu sensor limit switch akan mendeteksi pemasukan tepung kanji. Apabila tepung kanji belum dimasukkan maka tetap dilakukan pengadukan pertama.
- Jika tepung kanji sudah dimasukkan dan terdeteksi oleh sensor limit switch maka akan dilakukan proses pengadukan kedua dengan kecepatan tinggi selama ± 1 menit.

- Kemudian dilakukan proses pemanasan untuk menaikkan suhu ruang pemasak kanji dengan mengaktifkan *heater*.
- Selama proses pemanasan, sensor suhu akan mendeteksi perubahan suhu pada ruang tabung pemasak kanji dan data keluaran dari sensor suhu yang sudah dikondisikan akan diolah didalam mikrokontroler. Apabila suhu sesuai dengan setpoint $90^{\circ}C$ maka pemanasan heater diturunkan dan suhu ditahan selama ± 5 menit.
- Setelah itu kanji akan dikirim ke *size box* dengan mengaktifkan motor pompa kanji. Selama proses pengiriman suhu tetap dijaga sesuai yang diinginkan yaitu $90^{\circ}C$, dan sensor level *size box* akan mendeteksi kanji yang akan dikirim. Jika volume kanji *size box* sesuai dengan yang diinginkan maka pompa kanji dihentikan.
- Jika volume kanji *size box* berkurang maka dilakukan pengiriman kanji kembali, demikian seterusnya sampai kanji dalam tabung pemasak habis.
- Apabila kanji pada tabung pemasak habis maka pengiriman, pengadukan dan proses pemanasan kanji dihentikan. Setelah itu dilakukan proses pengisian air tabung pemasak kanji kembali, begitu seterusnya.

4.4 Perancangan Perangkat Keras (*Hard Ware*)

Perancangan perangkat keras (*Hard Ware*) yang direncanakan meliputi:

1. Rangkaian sensor suhu
2. Rangkaian sensor level
3. Rangkaian *limit switch*
4. Rangkaian penguat
5. Rangkaian ADC 0804
6. Mikrokontroler AT89S52
7. Rangkaian DAC 0808
8. Rangkaian *driver*
9. Rangkaian *display* LCD

4.4.1 Rangkaian Sensor Suhu

Untuk suhu ruang pemasak kanji ini, yang diukur yaitu mulai dari 20°C sampai dengan 100°C. Oleh karena itu sensor yang digunakan harus memiliki daerah operasi yang mencakup suhu tersebut. Salah satu sensor suhu yang mudah digunakan adalah sensor suhu tipe IC LM35 yang dapat digunakan untuk sistem ini.

Gambar rangkaian sensor suhu yang telah dirancang, dapat dilihat pada Gambar 4.2. Tegangan operasi yang umum digunakan untuk sensor LM35 adalah 4 hingga 20 volt. Keluaran dari LM35 linier terhadap skala Celcius yaitu sebesar 10mV/°C, untuk rangkaian *buffer* hanya berfungsi sebagai penyangga tegangan output sensor dengan tujuan supaya, ketika dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi sinyal, maka diharapkan tidak akan mempengaruhi tegangan output rangkaian pengkondisi sinyal tersebut. Untuk menghitung tegangan output dari sensor ini, pada saat membaca suhu adalah:

$$V_{out} = \text{Temp} \times 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}. \text{ (Sumber: National Semiconductor, 2000)}$$

Dimana:

$$V_{out} = \text{Tegangan keluaran dari sensor LM 35 (Volt)}$$

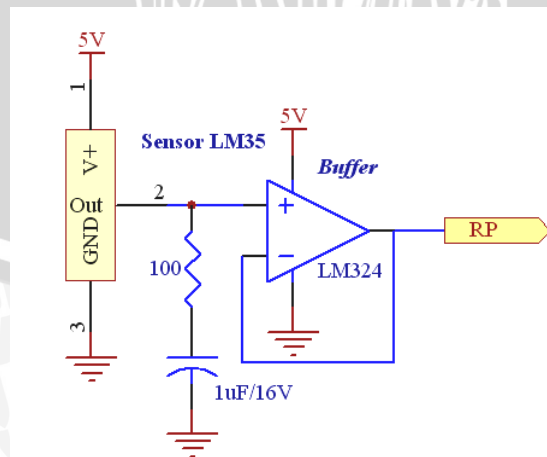
$$\text{Temp} = \text{Besarnya Suhu yang terbaca (}^{\circ}\text{C)}$$

Misalnya suhu 90°C maka tegangan keluaran dari sensor LM 35 adalah:

$$V_{out} = 90^{\circ}\text{C} \times 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$$

$$V_{out} = 900\text{mV}$$

$$V_{out} = 0.9 \text{ V}$$



Gambar 4.2 Rangkaian Sensor Suhu
Sumber: Perancangan

4.4.2 Rangkaian Penguat

Rangkaian penguat memiliki fungsi sebagai pengkondisi sinyal, yang mana diharapkan tegangan keluaran dari rangkaian sensor suhu dapat dikondisikan sesuai dengan range atau resolusi yang dirancang pada ADC0804. Pada perancangan alat ini, rangkaian pengkondisi sinyalnya menggunakan rangkaian penguat tegangan *non inverting* IC LM324 yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, di mana penguat ini merupakan penguat yang cukup presisi untuk menguatkan sinyal keluaran dari sensor. Besarnya penguatan akan ditentukan oleh besarnya sensitifitas sensor suhu dan penyesuaian tegangan resolusi masukan ADC. Jika ADC0804 dengan V_{ref} sama dengan 5 volt, maka resolusi 1LSB ADC adalah:

$$\text{Resolusi ADC} = \frac{5\text{Volt}}{2^8 - 1} = 0,019607 \approx 19,607\text{mV} / \text{bit}$$

System diharapkan agar kenaikan setiap $^{\circ}\text{C}$ setara dengan perubahan tiap bit pada respon ADC, maka keluaran dari sensor suhu LM35 memerlukan penguatan sebesar:

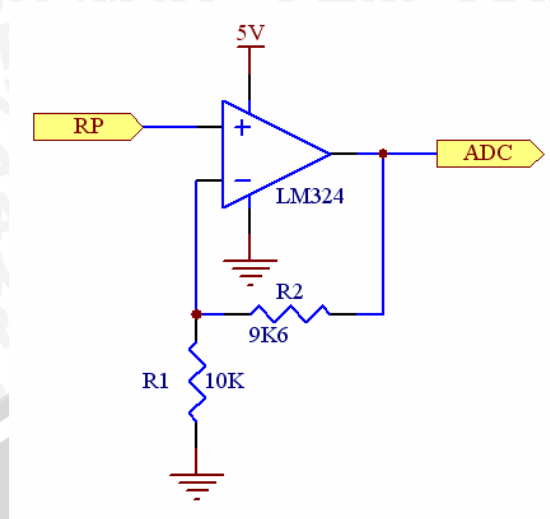
$$\begin{aligned} A &= \frac{\text{resolusiADC} * 1\text{bit} / ^{\circ}\text{C}}{\text{sensitivitassensor}} \\ &= \frac{19,607\text{mV} / \text{bit} * 1\text{bit} / ^{\circ}\text{C}}{10\text{mV} / ^{\circ}\text{C}} \\ &= 1,9607 \end{aligned}$$

Untuk memperoleh penguatan sesuai dengan yang diinginkan maka nilai R_1 dan R_2 dapat dicari dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \\ 1,96 &= 1 + \frac{R_2}{R_1} \\ \frac{R_2}{R_1} &= 0,96 \end{aligned}$$

Jika $R_1 = 10\text{K}$, maka R_2 dapat dicari sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_2 &= 10.000 * 0,96 \\ &= 9600 \\ &= 9\text{K}6 \end{aligned}$$

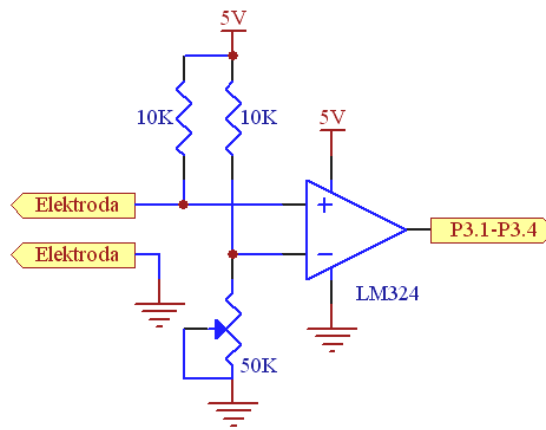


Gambar 4.3 Rangkaian Penguat
Sumber: Perancangan

4.4.3 Rangkaian Sensor Level

Sensor level air tabung pemasak kanji dan sensor level kanji *size box* terdiri dari 2 buah logam, logam 1 terhubung langsung ke tegangan 0 volt dan logam 2 terhubung ke *input inverting op-amp* LM324 yang berfungsi sebagai komparator yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, keluaran dari komparator terhubung ke mikrokontroler AT89S52.

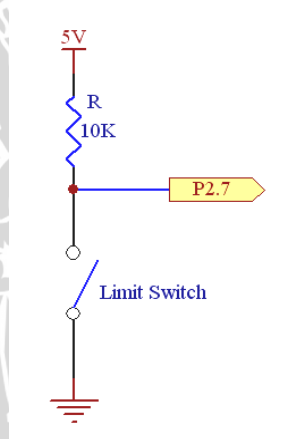
Letak sensor ini terdapat dibagian dasar dan tinggi sesuai yang diinginkan pada tabung pemasak kanji dan *size box*. Sensor ini memanfaatkan air dan kanji yang bersifat konduktor (penghantar). Pada saat air dan kanji terletak pada level yang diinginkan maka logam 1 dan logam 2 akan terhubung, sehingga terjadi perubahan tegangan. Perubahan tegangan ini akan dibandingkan dengan tegangan referensi oleh komparator, apabila tegangan masukan dari sensor level lebih kecil dari tegangan referensi, maka keluaran komparator akan berlogika 0. Begitu juga sebaliknya apabila tegangan masukan sensor level lebih besar (sensor logam 1 dan logam 2 tidak terhubung) dari tegangan referensi, maka keluaran komparator akan berlogika 1. Perubahan kondisi keluaran komparator ini akan dijadikan masukan oleh mikrokontroler AT89S52. Gambar rangkaian sensor level dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Rangkaian Sensor Level
Sumber: Perancangan

4.4.4 Rangkaian *Limit Switch*

Dalam perancangan ini terdapat 1 buah *limit switch* yang berfungsi sebagai sensor pemasukan tepung kanji. Untuk perancangan rangkaian sensor *limit switch* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian *Limit Switch*
Sumber: Perancangan

Pada saat *limit switch* dalam keadaan tertutup maka tegangan di keluaran (yang akan masuk ke IC AT89S52) sebesar 0V, tetapi pada saat *limit switch* dalam keadaan terbuka, diharapkan tegangan keluaran mendekati 5 Volt. Kondisi ini dapat dicapai dengan pertimbangan, tegangan supply (V_{cc}) yang digunakan adalah 5 Volt, arus yang dibutuhkan masukan IC mikrokontroler AT89S52 adalah 0.01mA dan tegangan keluaran yang diharapkan adalah mendekati 5 Volt sehingga analisisnya adalah sebagai berikut:

$$V_{cc} = I \cdot R + V_{out}$$

$$5 = (0,01 \cdot 10^{-3} \cdot R) + 4,9$$

$$R = \frac{0,1}{0,01 \cdot 10^{-3}}$$

$$R = 10000\Omega = 10k\Omega$$

Jadi nilai resistor (R) yang digunakan dalam perancangan ini adalah 10K.

4.4.5 Rangkaian ADC 0804

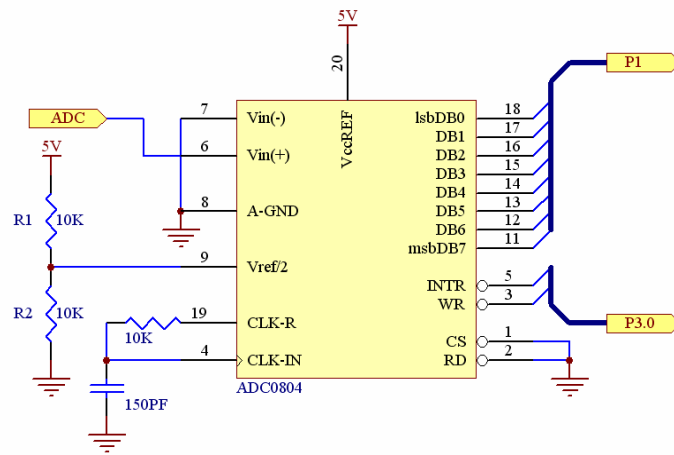
ADC0804 merupakan komponen yang digunakan untuk mengkonversi sinyal analog dari sensor suhu dan kelembaban menjadi data digital. Lebar data keluaran ADC 0804 adalah 8-bit yang nantinya digunakan sebagai masukan untuk mikrokontroler AT89S52 yang membutuhkan masukan berupa sinyal digital yang juga lebar datanya 8-bit. Waktu konversi ADC 0804 adalah 100 μ s yang sangat cepat untuk pengkonversian tegangan. Pada Gambar 4.6 rangkaian ADC 0804 masih terdapat beberapa komponen penunjang antara lain: kapasitor 150 pF dan resistor 10K Ω . $V_{ref/2}$ (pena 9) diberi tegangan sebesar 5V yang melalui pembagi tegangan dengan R1=10K Ω dan R2=10K Ω . Tegangan 5V V_{cc} digunakan sebagai V_{ref} pada ADC sehingga output pembagi tegangan yang masuk ke $V_{ref/2}$ dapat dihitung sebagai berikut:

$$V_{ref/2} = \left(\frac{10K\Omega}{10K\Omega + 10K\Omega} \right) 5V$$

$$V_{ref/2} = 2,5V$$

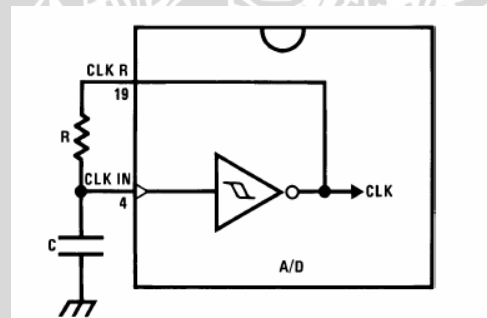
Sesuai dengan karakteristik ADC0804, tegangan referensi dan tegangan catu sama dengan 5 volt, serta keluaran biner ADC akan berada pada range antara 00H (0000 0000B) pada saat tegangan input 0 Volt sampai FFH (1111 1111B) pada saat tegangan input mencapai 5 volt. Apabila tegangan maksimalnya 5 volt, maka kenaikan tegangan setiap step atau resolusi ADC 0804 adalah:

$$\text{Besarnya tegangan setiap step} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{5V}{2^8 - 1} = 0,0196 \text{ Volt}$$



Gambar 4.6 Rangkaian ADC 0804
Sumber: Perancangan

ADC 0804 mengubah sinyal masukan analog menggunakan metode pendekatan beruntun. Untuk menjalankan proses konversi diperlukan sebuah masukan *clock*. Masukan *clock* diambil dari rangkaian pembangkit *clock* yang terdiri dari resistor 10K Ω , kapasitor 150pF dan inverter internal. Rangkaian pembangkit *clock* ditunjukkan seperti Gambar 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.7 Rangkaian Pembangkit Pulsa *Clock*
Sumber: National Semiconductor, 1999

Perhitungan dari rangkaian *clock* di atas adalah:

$$\begin{aligned}
 f_{CLK} &\cong \frac{1}{1,1RC} \\
 &= \frac{1}{1,1 \times 10^4 \times 150 \times 10^{-12}} \\
 &= \frac{1}{1,65 \times 10^{-6}} \\
 &= 606,06 \text{kHz}
 \end{aligned}$$

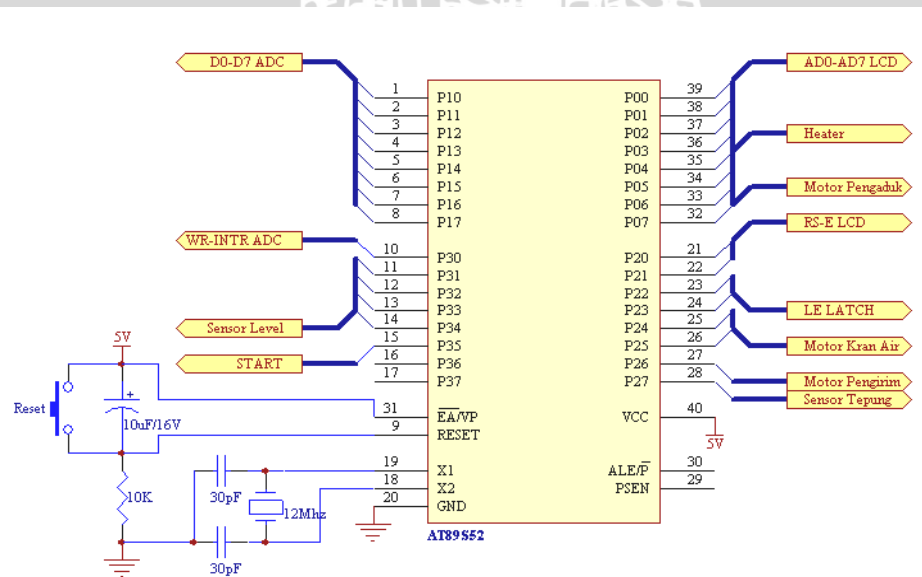
Hubungan pin-pin ADC0804 dengan komponen lain ditunjukkan dalam Gambar 4.6. Jalur data 8-bit ADC0804 dihubungkan dengan bus data dari *hard*

ware mikrokontroler P1. CS dan RD dihubungkan ke *ground* sedangkan WR dan INTR dihubungkan ke p3.0. Tegangan referensi ADC adalah 0 V untuk V_{ref-} dan V_{ref+} dihubungkan ke keluaran pengkondisi sinyal yang berfungsi sebagai masukan analog.

4.4.6 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroller merupakan komponen utama dari alat ini. Komponen ini merupakan *single chip* sebagai pusat pengolah data dan pengontrolan alat yang dihubungkan dengan rangkaian pendukung untuk membentuk sebuah minimum sistem. Mikrokontroler AT89S52 dipilih karena komponen ini mudah didapatkan dipasaran dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan familinya yang lain. Disamping itu dalam pemrogramannya juga lebih mudah, karena di dalamnya menggunakan *memory* tipe Flash EPROM yang kapasitasnya 8Kbyte. Selain itu, di dalamnya juga terdapat komponen pendukung lain seperti pengaturan *address memory*, register, pengaturan sistem interupsi, paralel dan serial I/O, *timer/counter* dan *internal RAM* (Manual Book AT89S52, 2001:1).

Sistem mikrokontroler AT89S52 bertugas mengatur operasi perangkat keras lain yang meliputi dua sensor suhu, sensor level tabung pemasak kanji dan *size box*, sensor tepung kanji (*limit switch*), driver motor kran air, driver motor pengaduk kanji, driver motor pompa kanji dan driver *heater*.



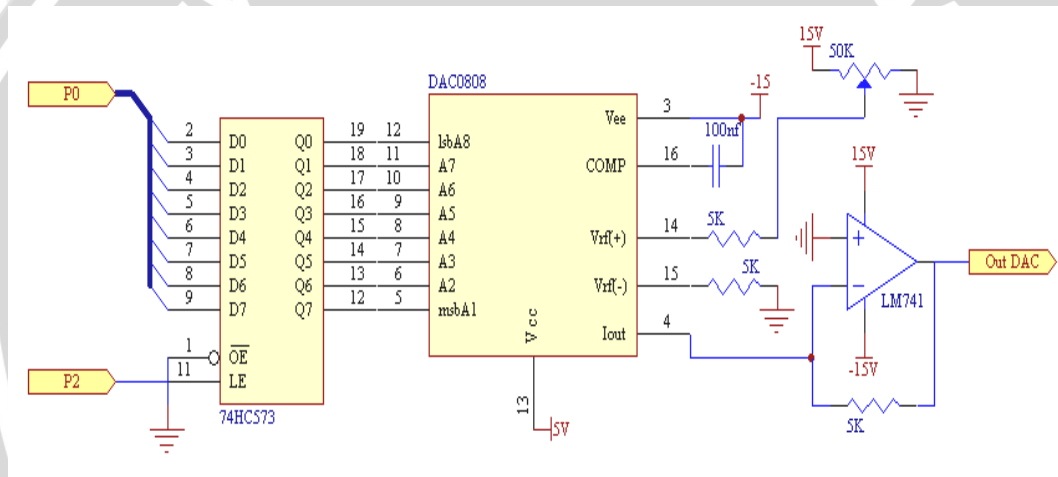
Gambar 4.8 Rangkaian Minimum Sistem AT89S52
Sumber: Perancangan

Pada Gambar 4.8 menunjukkan pin-pin rangkaian mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat pengontrol suhu pada pemasak kanji ini. Adapun fungsi-fungsi pin-pin tersebut adalah sebagai berikut:

- P0 digunakan untuk mengirimkan data yang akan ditampilkan pada *display* LCD, mengaktifkan motor pengaduk dan heater.
- P1 digunakan untuk mengambil data dari keluaran ADC 0804.
- P2.0-P2.1 digunakan sebagai masukan untuk menulis intruksi dan menulis data pada LCD. P2.0 dihubungkan ke *Enable* (E), apabila berlogika 1 maka LCD akan Aktif (*write*) dan P2.1 dihubungkan ke RS, apabila berlogika 0 maka akan menulis instruksi dan apabila berlogika 1 akan menulis data ke LCD.
- P2.2-P2.3 dihubungkan ke LE yang berfungsi untuk mengaktifkan Latch 74HC573
- P2.4-P2.5 digunakan untuk mengaktifkan motor kran air tandon.
- P2.6 digunakan untuk mengaktifkan motor pengirim kanji ke *size box*.
- P2.7 digunakan sebagai masukan untuk mendeteksi pemasukan tepung kanji.
- P3.0 digunakan untuk mengaktifkan pembacaan ADC0804.
- P3.1-P3.4 digunakan sebagai masukan untuk mendeteksi volume air dan kanji pada tabung pemasak kanji dan *size box*.
- P3.5 dihubungkan dengan *push button* yang ujungnya di-*ground*-kan. Tombol ini sebagai start untuk memulai proses pengontrolan suhu pada pemasak kanji.
- VCC diberi tegangan sebesar 5 Volt sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diperbolehkan dalam data *sheet*.
- GND dihubungkan dengan *ground* catu daya.
- EA (*External Access Enable*) di hubungkan ke V_{CC}, karena program memori menggunakan memori program internal.
- XTAL1 dan XTAL2 dihubungkan dengan sebuah resonator kristal 12 MHz dan kapasitor C₁ dan C₂ masing-masing sebesar 30 pF yang di-*ground*-kan. Rangkaian ini digunakan sebagai sumber detak (*clock*) ke CPU.
- RST digunakan untuk me-*reset* program tanpa harus mematikan catu daya.

4.4.7 Rangkaian DAC 0808

Untuk rangkaian DAC menggunakan IC DAC0808 sebagai bagian yang berfungsi untuk mengkonversi data digital dari kontrol logika fuzzy menjadi sinyal analog. Hubungan pin-pin DAC0808 dengan komponen lain ditunjukkan dalam Gambar 4.9. karena DAC0808 tidak memiliki *chip select* maka pada jalur datanya dihubungkan dengan IC *latch* 74HC573 sebagai *chip select*-nya. Pin Vee dan COMP dihubungkan dengan tegangan DC sebesar -15 volt. Pin Vrf(+) dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan yang dapat diatur besar tegangannya menggunakan resistor variabel sedangkan pin Vrf(-) di *ground*. Pin Iout dihubungkan dengan rangkaian Op-amp dan keluarannya dihubungkan ke rangkaian motor pengaduk dan pemanas.



Gambar 4.9 Rangkaian DAC 0808 dengan Rangkaian Pendukungnya
Sumber: Perancangan

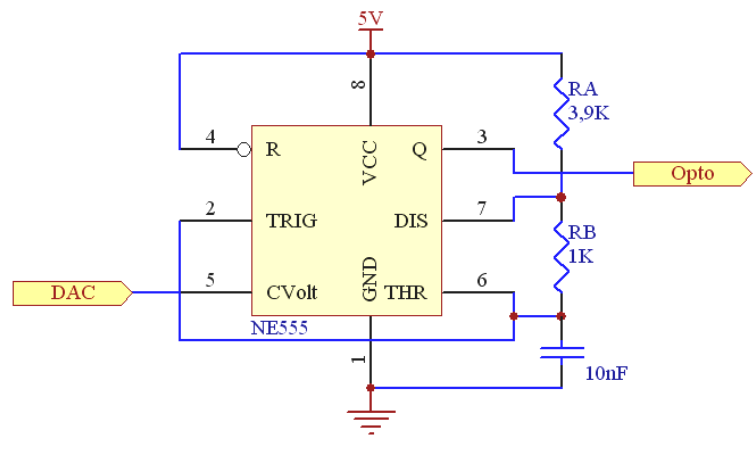
4.4.8 Rangkaian *Driver* Pemanas dan Motor Pengaduk

4.4.8.1 *Pulse Position Modulation*

Rangkaian *pulse position modulation* ini berfungsi sebagai penghasil pulsa, yang mana pulsa tersebut akan men-*switch* rangkaian *opto triac* untuk menggerakkan pemanas. Adapun cara pengaturan daya pemanas dengan rangkaian *pulse position modulation* ini adalah dengan mengatur *duty cycle* pulsa yang dihasilkan.

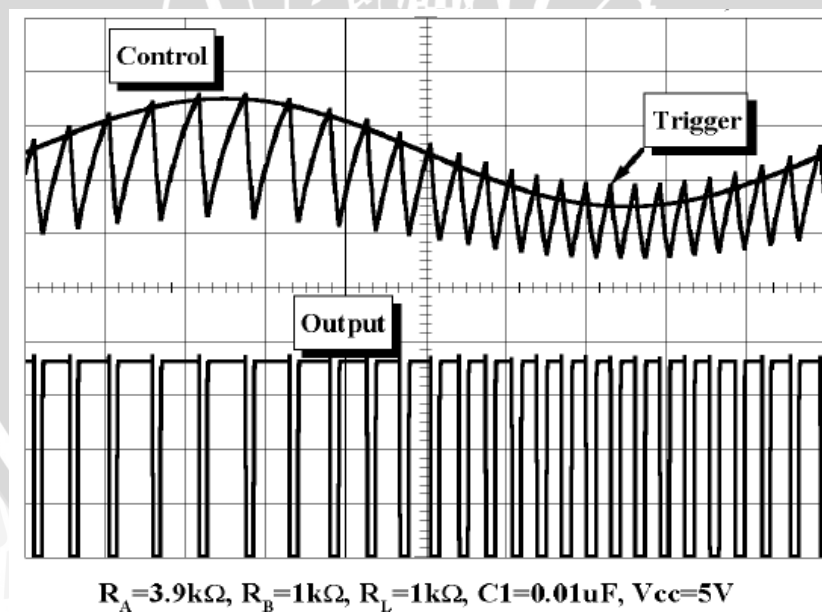
Untuk cara mengatur *duty cycle* pulsa tersebut adalah dengan mengubah tegangan input pada pin 5-nya. Dimana tegangan input maksimumnya adalah sebesar 5 volt dan tegangan input minimumnya sebesar 0 volt. Apabila tegangan

input rangkaian *pulse position modulation* ini semakin tinggi maka daya dan kecepatan yang dihasilkan oleh pemanas dan motor pengaduk akan semakin tinggi pula, serta daya pemanas dan kecepatan motor pengaduk akan maksimal jika tegangan input rangkaian *pulse position modulation* mencapai 5 volt.



Gambar 4.10 Rangkaian *Pulse Position Modulation*
Sumber : Perancangan

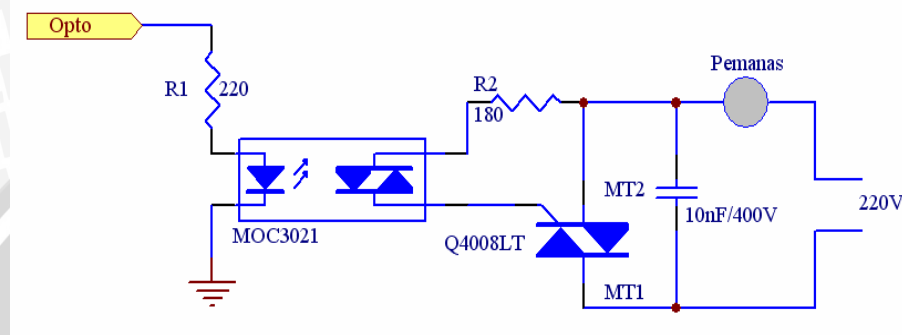
Adapun didapatkannya nilai R_A , R_B dan C dari rangkaian di atas yaitu berdasarkan keterangan dari data sheet yaitu Fairchild Semiconductor Corporation 2002



Gambar 4.11 Bentuk Gelombang Output Rangkaian *Pulse Position Modulation*
Sumber: Fairchild Semiconductor Corporation, 2002

4.4.8.2 Rangkaian *Driver* Pemanas

Untuk mengendalikan daya pemanas digunakan *triac* Q4008LT sebagai *driver*-nya. Sedangkan rangkaian penghubung antara *triac* dengan mikrokontroler digunakan *optotriac* MOC3021 yang berfungsi sebagai peng-isolasi antara rangkaian mikrokontroler dengan beban AC (pemanas). Rangkaian *optotriac* dan *triac* ini dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Rangkaian *Driver* Pemanas
Sumber: Perancangan

Saat keluaran *pulsa position modulation* high maka akan ada arus yang mengalir ke MOC3021, kemudian kaki *gate* dari *triac* mendapat *supply* arus yang mengakibatkan *triac on* sehingga ada tegangan yang masuk ke beban.

Dari karakteristik elektrik *optotriac* diketahui bahwa pada saat arus majunya 10mA maka besar tegangan maju pada LED adalah 1,5V dan berdasarkan pengukuran keluaran dari *pulse position modulation* sebesar 4V, maka besar R1 adalah:

$$R1 = \frac{V_f - V_l}{I_l}$$

$$R1 = \frac{4 - 1.5}{0,01}$$

$$R1 = 250\Omega$$

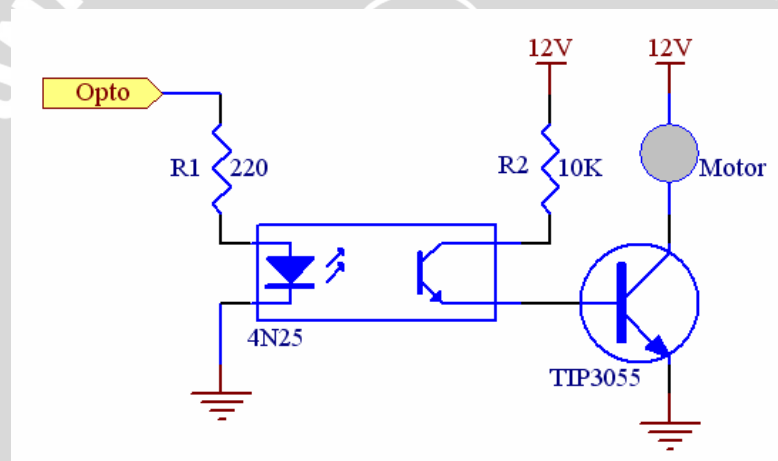
Karena tegangan jaringan yang digunakan adalah 220V AC dan arus *gate* maksimal (I_{GTM}) adalah 1,2 A maka nilai R2 adalah: (Sumber: Littelfuse, Inc., 2004).

$$R2 = \frac{V_{jaringan}}{I_{GTM}} = \frac{220}{1,2} = 183,3\Omega$$

Terminal 1 (MT1) dan Terminal 2 (MT2) merupakan *switch* aliran arus beban yang mengalir dari sumber tegangan AC. Jika tidak ada arus penyulutan (*trigger*) pada *gate triac* maka MT1 dan MT2 tidak terhubung, kedua terminal ini akan tetap terhubung selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus maksimum (*holding Current*) sesuai dengan karakteristik masing-masing *triac*.

4.4.8.3 Rangkaian Driver Motor Pengaduk

Untuk mengendalikan motor pengaduk digunakan transistor TIP 3055 sebagai *driver*-nya. Sedangkan rangkaian penghubung antara transistor dengan mikrokontroler digunakan *optocoupler* 4N25 yang berfungsi sebagai peng-isolasi antara rangkaian mikrokontroler dengan beban DC (motor). Rangkaian *optocoupler* dan transistor ini dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Rangkaian Driver Motor Pengaduk
Sumber: Perancangan

Saat keluaran *pulsa position modulation* high maka akan ada arus yang mengalir ke 4N25, kemudian kaki basis dari transistor mendapat *supply* arus yang mengakibatkan transistor on sehingga ada tegangan yang masuk ke beban. Dari karakteristik elektrik *optocoupler* 4N25 diketahui bahwa pada saat arus majunya 10mA maka besar tegangan maju pada LED adalah 1,5V dan berdasarkan pengukuran keluaran dari *pulse position modulation* sebesar 4V, maka besar R1 adalah:

$$R1 = \frac{V_f - V_i}{I_f}$$

$$R1 = \frac{4 - 1.5}{0,01}$$

$$R1 = 250\Omega$$

Karena tegangan supply motor yang digunakan adalah 12V dan resistansi motor yang terukur 100 ohm serta dalam *datasheet* transistor TIP 3055 besarnya h_{FE} sebesar 100 kali maka R2 dapat dihitung sebagai berikut:

Besarnya nilai I_c dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_c = \frac{V_m}{R_m}$$

$$I_c = \frac{12}{100}$$

$$I_c = 0,12A$$

Sedangkan besarnya nilai I_b dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}}$$

$$I_b = \frac{0,12}{100}$$

$$I_b = 1,2mA$$

Maka besarnya nilai R2 dapat dihitung sebagai berikut:

$$R2 = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I_b}$$

$$R2 = \frac{12 - 0,7}{0,0012}$$

$$R2 = 9416\Omega$$

$$R2 = 10K$$

Jadi nilai R_2 yang digunakan disesuaikan dengan yang ada dipasaran yaitu 10K

4.4.9 Rangkaian *Driver* Motor Kran

Sebelum masuk ke rangkaian *driver* motor kran, perlu adanya pemisahan rangkaian mikrokontroler dengan rangkaian *driver* motor kran. Hal ini diperlukan untuk menghindari adanya arus balik dari motor, sehingga diperlukan rangkaian *optocoupler*. Rangkaian *optocoupler* mendapat masukan dari mikrokontroler

yang berupa data pergerakan motor yang selanjutnya dihubungkan ke *driver* motor. Pada rangkaian *optocoupler*, keluaran dari mikrokontroler dihubungkan dengan kaki katoda dari *optocoupler*, sehingga untuk mengaktifkan *optocoupler* dibutuhkan data dengan logika 0 atau aktif *low*. Berdasarkan *datasheet* *optocoupler* 4N25 besar maksimum $V_F = 1,5$ Volt, sedangkan besarnya $I_{F_{LED}} = 10$ mA. Besarnya $R_1 = R_3$ Maka R_1 dapat dihitung sebagai berikut:

$$R_1 = \frac{V_{cc} - V_f}{I_f}$$

$$R_1 = \frac{5 - 1,5}{0,01}$$

$$R_1 = 350\Omega$$

Catu daya pada *optocoupler* diberikan sebesar 5 volt, apabila terdapat arus yang mengalir melewati led dari *optocoupler*, maka transistor dari *optocoupler* juga akan ON. Keluaran transistor dari *optocoupler* ini diperoleh dari kaki kolektor yang selanjutnya dihubungkan dengan *driver* motor. Dalam *datasheet* transistor BD 139 besarnya h_{FE} sebesar 40-250 kali sedangkan R_{Relay} berdasarkan pengukuran sebesar 400Ω . Untuk menghasilkan kerja transistor yang baik dan mengurangi kerugian daya pada transistor, maka direncanakan h_{FE} sebesar 100 kali, maka didapat nilai I_c dan I_b sebagai berikut:

$$I_c = \frac{V_{cc}}{R_{relay}}$$

$$I_c = \frac{12}{400}$$

$$I_c = 0,03A$$

Sedangkan besarnya nilai I_b dapat dihitung sebagai berikut:

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}}$$

$$I_b = \frac{0,03}{100}$$

$$I_b = 0,3mA$$

Maka besarnya nilai R_2 dapat dihitung sebagai berikut:

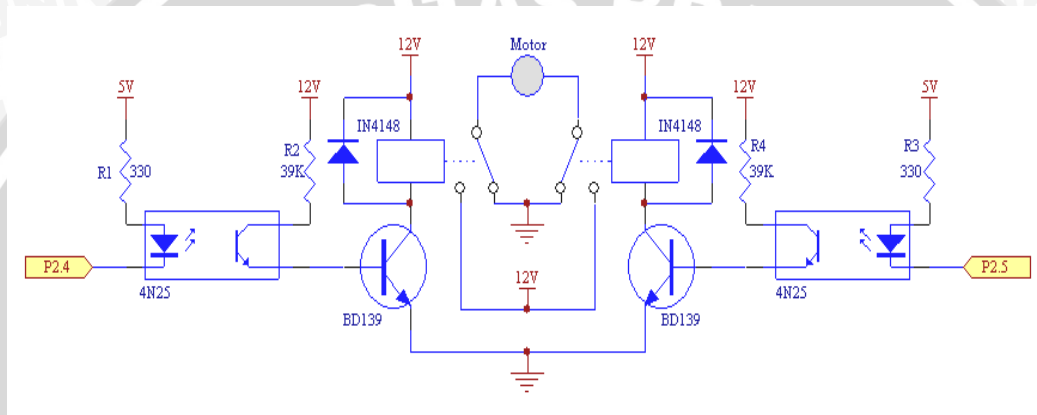
$$R_2 = \frac{V_{cc} - V_{be}}{I_b}$$

$$R_2 = \frac{12 - 0,7}{0,0003}$$

$$R_2 = 37666\Omega$$

$$R_2 = 39K$$

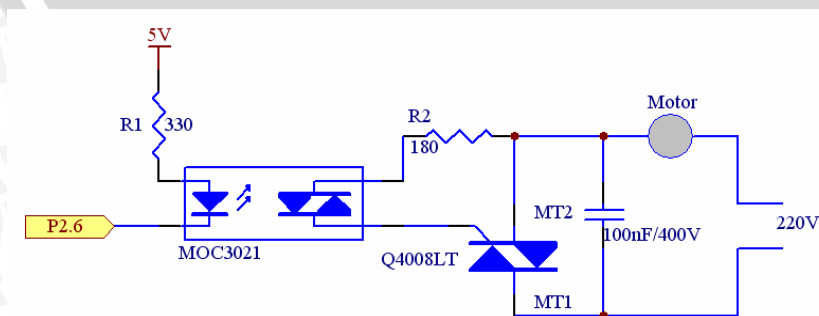
Jadi nilai R_2 yang digunakan disesuaikan dengan yang ada dipasaran yaitu 39K, sedangkan besarnya nilai $R_2=R_4$. Adapun rangkaian dari *driver* motor kran air diperlihatkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Rangkaian *Driver* Motor Kran
Sumber: Perancangan

4.4.10 Rangkaian *Driver* Pompa Kanji

Untuk mengendalikan motor pengirim kanji digunakan *triac* Q4008LT sebagai *driver*-nya. Sedangkan rangkaian penghubung antara *triac* dengan mikrokontroler digunakan *optotriac* MOC3021 yang berfungsi sebagai pengisolasi antara rangkaian mikrokontroler dengan beban AC (motor). Rangkaian *optotriac* dan *triac* ini dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Rangkaian *Driver* Pompa Kanji
Sumber: Perancangan

Saat keluaran mikrokontroler low maka akan ada arus yang mengalir ke MOC3021, kemudian kaki *gate* dari *triac* mendapat *supply* arus yang mengakibatkan *triac on* sehingga ada tegangan yang masuk ke beban.

Dari karakteristik elektrik *optotriac* diketahui bahwa pada saat arus majunya 10 mA maka besar tegangan maju pada LED adalah 1,5 V. Dengan menggunakan tegangan catu (V_{cc}) = 5 V, maka besar R1 adalah:

$$R1 = \frac{V_f - V_l}{I_l}$$

$$R1 = \frac{5 - 1.5}{0,01}$$

$$R1 = 350\Omega$$

Karena tegangan jaringan yang digunakan adalah 220V AC dan arus *gate* maksimal (I_{GTM}) adalah 1,2 A maka nilai R2 adalah: (Sumber: Littelfuse, Inc., 2004).

$$R2 = \frac{V_{jaringan}}{I_{GTM}} = \frac{220}{1,2} = 183,3\Omega$$

Terminal 1 (MT1) dan Terminal 2 (MT2) merupakan *switch* aliran arus beban yang mengalir dari sumber tegangan AC. Jika tidak ada arus penyulutan (*trigger*) pada *gate triac* maka MT1 dan MT2 tidak terhubung, kedua terminal ini akan tetap terhubung selama arus beban yang mengalir lebih besar dari arus maksimum (*holding Current*) sesuai dengan karakteristik masing-masing *triac*.

4.4.11 Rangkaian Display LCD

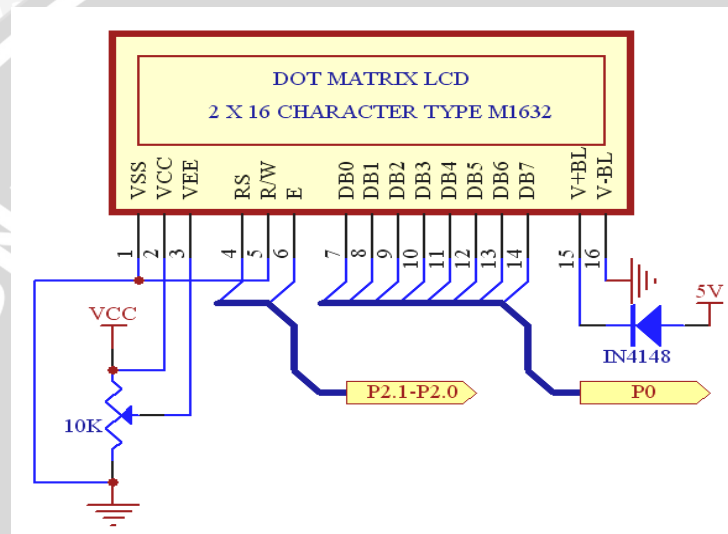
LCD (*Liquid Crystal Display*) banyak digunakan pada alat-alat elektronika yang memerlukan penampilan, sehingga pemakai dapat mengerti dengan informasi yang ditampilkan oleh alat. LCD berfungsi untuk menampilkan suhu pada ruang tabung pemasak kanji.

Konfigurasi pin-pin LCD adalah sebagai berikut:

- Pin DB0-DB7 pada LCD dihubungkan ke port P0.0 ~ P0.7. Pin ini berfungsi sebagai bus data.

- Pin RS dihubungkan ke port P2.1. Pin ini berfungsi apabila berlogika 0 maka akan menuliskan instruksi, jika berlogika 1 maka akan menuliskan data.
- Pin R/W dihubungkan ke *ground*. Pin ini berfungsi untuk membaca dan menulis data.
- Pin E dihubungkan ke port 2.0. Pin ini digunakan untuk mengaktifkan LCD.
- Rangkaian potensiometer digunakan untuk mengatur kontras (terang gelap) tulisan pada *LCD*.

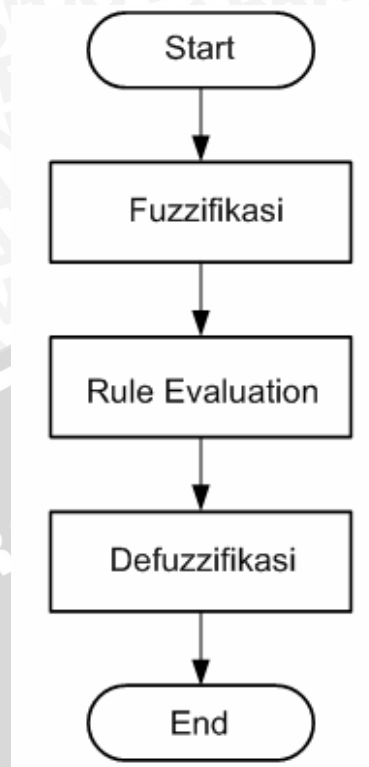
Rangkaian *Display LCD* ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Rangkaian *Display LCD*
Sumber: Perancangan

4.5 Perancangan Perangkat Lunak (*Soft Ware*)

Untuk memastikan sistem bekerja dengan baik, maka perancangan perangkat lunak (*soft ware*) merupakan bagian yang sangat penting selain perancangan perangkat keras (*hard ware*). Sebelum membuat program utama untuk sistem, terlebih dahulu dilakukan perancangan untuk sistem *fuzzy logic control* itu sendiri, yang terdiri dari proses *fuzzifikasi*, *rule evaluation*, dan *defuzzifikasi*. Secara garis besar diagram alir untuk sistem *fuzzy logic control* ditunjukkan oleh Gambar 4.17.

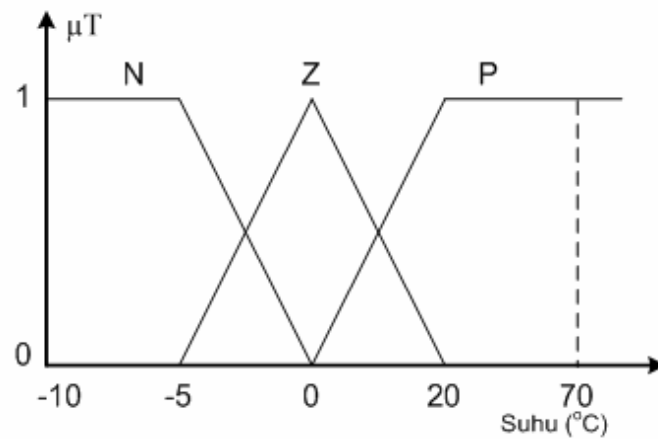


Gambar 4.17 Diagram Alir Sistem *Fuzzy Logic Control*
Sumber: Perancangan

4.5.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses pengubahan nilai masukan (*crisp input*) menjadi *input fuzzy*. Pada proses *fuzzifikasi* *Error* dan $\Delta Error$ suhu panas dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan untuk input *Error* suhu panas terdiri dari 3 label, yaitu: Negative (N), Zero (Z), Positive (P), Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.18.

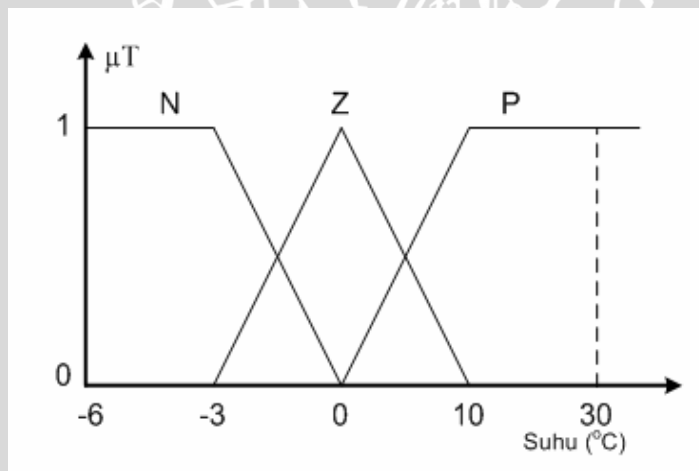
Sedangkan untuk fungsi keanggotaan input $\Delta Error$ suhu panas juga terdiri dari 3 label, yaitu: Negative (N), Zero (Z), Positive (P), Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.19. *Fuzzifikasi* untuk output pemanas dibagi menjadi 3 fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan *output* pemanas terdiri dari 3 label, yaitu: Padam (Pd), Hangat (Hg) dan Panas (Pn). Seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.20.



Gambar 4.18 Fungsi Keanggotaan *Crisp Input Error Suhu Panas*
 Sumber: Perancangan

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan batas-batas tiap anggota himpunan untuk Error suhu, seperti berikut ini :

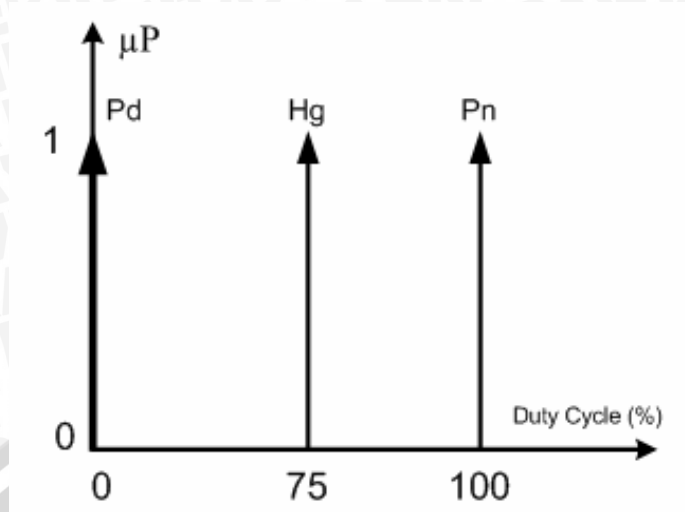
- $-10^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 0^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan N
- $-5^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 20^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan Z
- $0^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 70^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan P



Gambar 4.19 Fungsi Keanggotaan *Crisp Input Δ Error Suhu Panas*
 Sumber: Perancangan

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan batas-batas tiap anggota himpunan untuk Δ Error suhu, seperti berikut ini :

- $-6^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 0^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan N
- $-3^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 10^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan Z
- $0^{\circ}\text{C} \leq \text{suhu} \leq 30^{\circ}\text{C}$ masuk dalam himpunan P



Gambar 4.20 Fungsi Keanggotaan *Crisp Output* Pemanas
 Sumber: Perancangan

Fungsi keanggotaan keluaran adalah Pemanas yang mempunyai tiga label, yaitu padam (Pd), hangat (Hg), dan panas (Pn). Fungsi keanggotaan keluaran ditunjukkan dalam Gambar 4.20.

4.5.2 Rule Evaluation

Setelah proses *fuzzyfikasi* (*crisp input* diubah menjadi *input fuzzy*) selesai maka dilakukan proses *rule evaluation* atau kaidah atur kontrol logika *fuzzy* yang ditunjukkan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. FAM untuk Pemanas

Error ΔError	N	Z	P
N	Pd	Pd	Hg
Z	Pd	Hg	Pn
P	Hg	Hg	Pn

If Error suhu is N and ΔError suhu is N then pemanas is Pd (rule 1)

If Error suhu is N and ΔError suhu is Z then pemanas is Pd (rule 2)

If Error suhu is N and ΔError suhu is P then pemanas is Hg (rule 3)



If Error suhu is Z and Δ Error suhu is N then pemanas is Pd (rule 4)

If Error suhu is Z and Δ Error suhu is Z then pemanas is Hg (rule 5)

If Error suhu is Z and Δ Error suhu is P then pemanas is Hg (rule 6)

If Error suhu is P and Δ Error suhu is N then pemanas is Hg (rule 7)

If Error suhu is P and Δ Error suhu is Z then pemanas is Pn (rule 8)

If Error suhu is P and Δ Error suhu is P then pemanas is Pn (rule 9)

Kaidah atur kontrol logika *fuzzy* ini dalam bentuk *if – then* (jika-maka). Dalam pengendalian alat ini, kaidah atur (*rule*) yang dibuat berjumlah 9 *rule* dan disusun berdasarkan pengalaman penulis. Dalam menentukan kaidah atur, penulis melakukan beberapa percobaan (*trial and error*) untuk setiap *rule* hingga diperoleh hasil output yang diinginkan, dan juga penulis dapat menyimpulkan bahwa semakin jauh selisih antara Error suhu dengan output yang diinginkan maka aktuator harus bekerja pada titik maksimal, begitu juga sebaliknya. Dari beberapa kali percobaan rule maka didapatkan rule seperti pada tabel 4.1, karena rule – rule tersebut dapat menghasilkan hasil respon atau keluaran sesuai yang diinginkan atau direncanakan.

Rule 1 sampai dengan *rule 2* dapat disederhanakan menjadi 1 *rule* saja karena kedua *rule* tersebut memiliki aksi yang sama, demikian juga dengan *rule 5* sampai dengan *rule 6* dan *rule 8* sampai dengan *rule 9*, sehingga jumlah seluruh *rules* menjadi enam saja. *Rules* ini digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan atau melakukan salah satu aksi dari tiga macam pilihan yaitu panas, hangat dan padam. Aksi yang telah diputuskan akan disimpan dalam variabel aksi dan sekaligus menentukan aksi tersebut Padam, Hangat, atau Panas. Satu kali proses inferensi fuzzy ini menghasilkan satu keputusan aksi dan nilai derajat keanggotaan atau nilai kebenaran. Pada proses inferensi fuzzy, nilai – nilai derajat keanggotaan (μ) yang diperoleh akan dibandingkan satu dengan lainnya. Karena proses ini menggunakan metode *max-min* jadi nilai derajat keanggotaan (μ) untuk aksi yang dipilih adalah nilai derajat keanggotaan (μ) yang paling kecil.

4.5.3 Defuzzifikasi

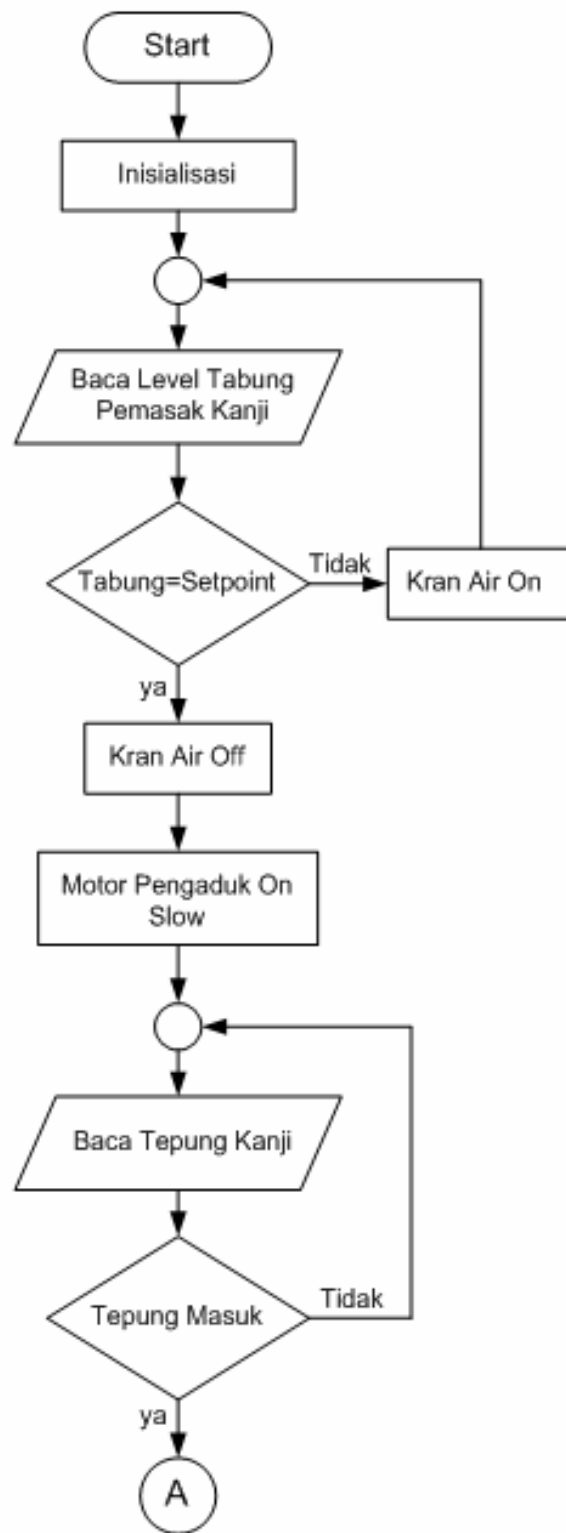
Setelah proses *fuzzifikasi* dan *rule evaluation* selesai dirancang, langkah selanjutnya adalah proses defuzzifikasi, yaitu proses untuk merubah *output fuzzy* menjadi *crisp output*. *Crisp output* adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang. Hasil *defuzzifikasi* inilah yang akan digunakan untuk mengatur besarnya keluaran *duty cycle* pada aktuator pemanas (*heater*). Metode yang digunakan pada proses *defuzzifikasi* ini adalah menggunakan metode COG (*Center Of Gravity*) karena kesederhanaan dalam implementasi mikrokontroler.

$$\text{Crisp Output (y)} = \frac{\sum_i (\text{fuzzy output}_i) \times (\text{Singleton position on x axis})}{\sum_i (\text{fuzzy output}_i)}$$

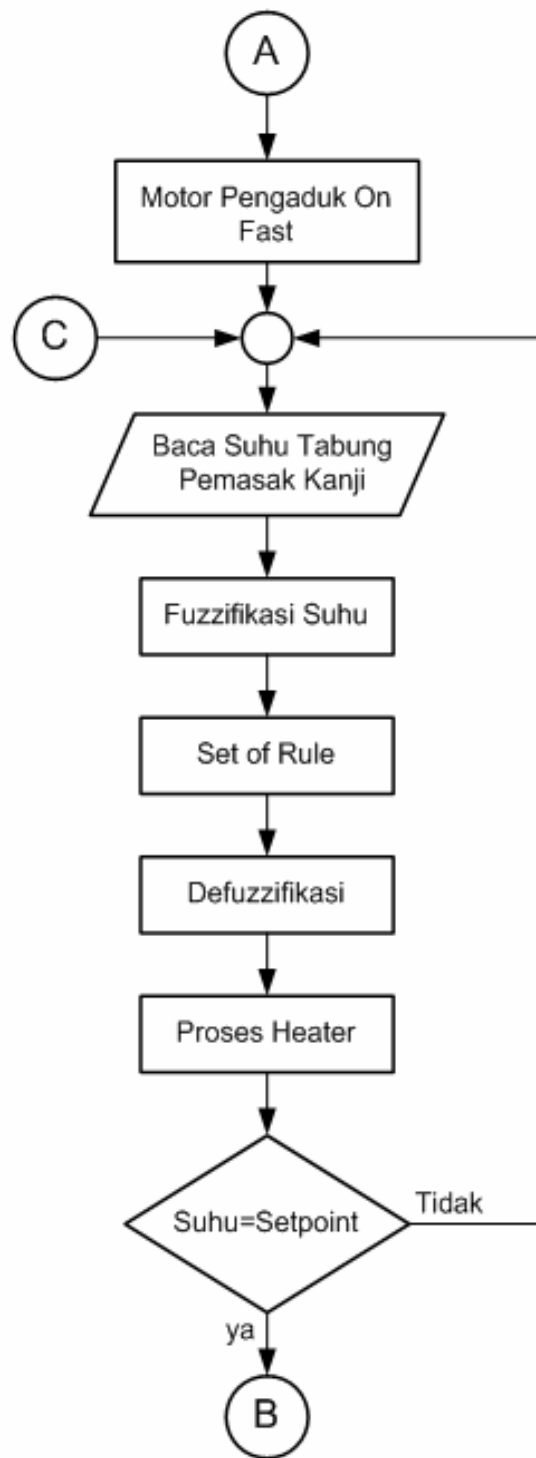
4.5.4 Diagram Alir Program Perangkat Lunak

Perangkat lunak untuk pengendalian alat pengontrol suhu pada pemasak kanji dengan *Fuzzy Logic Control* ini direncanakan terdiri dari program berbasis *knowledge base* dan program berbasis *data base*. Program berbasis *Knowledge Base* ini maksudnya adalah program yang bertujuan agar alat pengontrol suhu pada pemasak kanji ini bekerja sesuai dengan *rule* yang sudah ditentukan berdasarkan aturan-aturan yang ada di dalam basis pengetahuan.

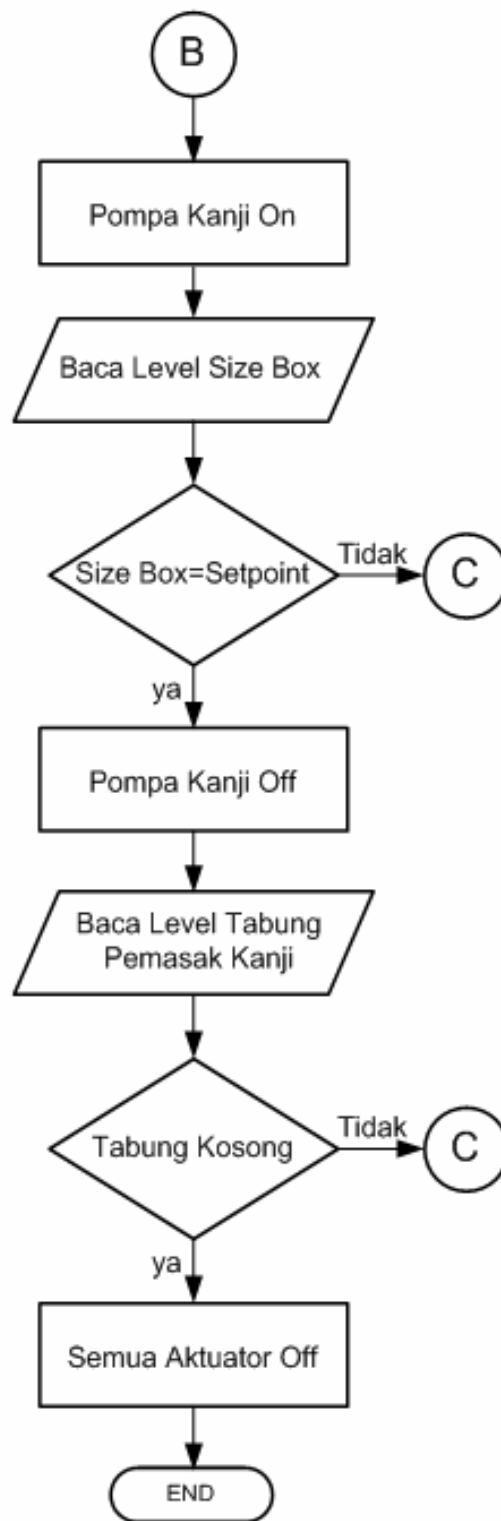
Program berbasis *data base* ini maksudnya adalah bagian program yang bertujuan untuk menguji sistem kerja alat pengontrol suhu pada pemasak kanji. Secara garis besar diagram alir (*flowchart*) Sistem Utama *Software Fuzzy Logic Control* ini ditunjukkan pada Gambar 4.21abc.



Gambar 4.21a Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem
 Sumber: Perancangan



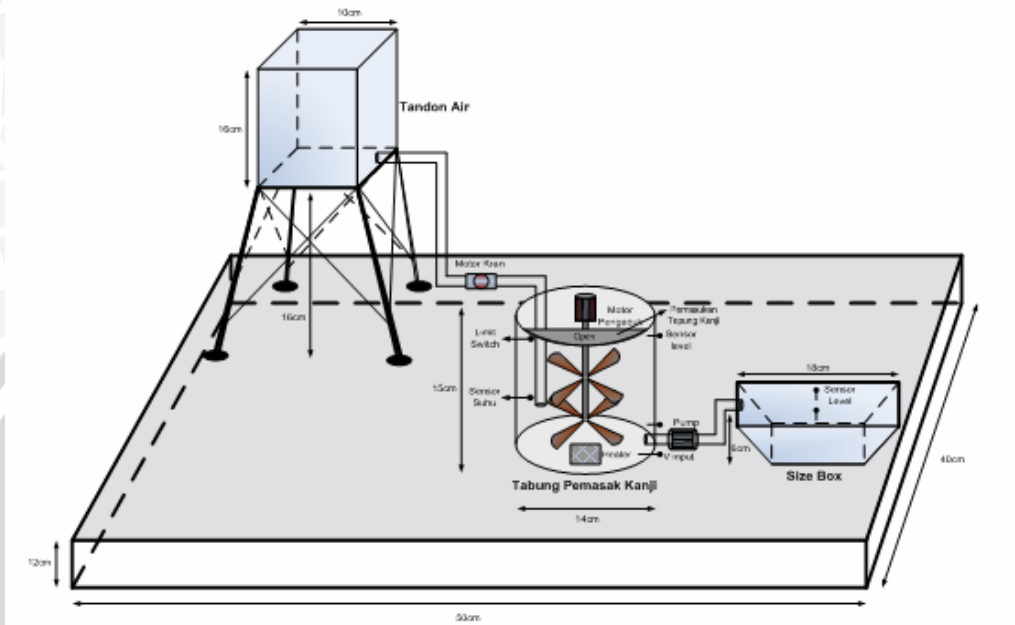
Gambar 4.21b Lanjutan Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem
 Sumber: Perancangan



Gambar 4.21c Lanjutan Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem
 Sumber: Perancangan

4.6 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik yang akan dibuat terdiri dari susunan komponen yang membentuk sebuah *prototype* pemasak kanji, seperti terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.22 Sketsa *Prototype* Pemasak Kanji

BAB V

PENGUJIAN ALAT

Dalam bab ini dibahas tentang data hasil percobaan dan pengujian alat yang telah dibuat dengan tujuan supaya antara perancangan dan pembuatan alat sesuai dengan teori dan praktek. Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras dan perangkat lunak kontroler logika fuzzy beserta sistem secara keseluruhan. Sedangkan pengujian perangkat lunak kontroler logika fuzzy dilakukan agar dapat mengetahui apakah program dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan keluaran yang diinginkan.

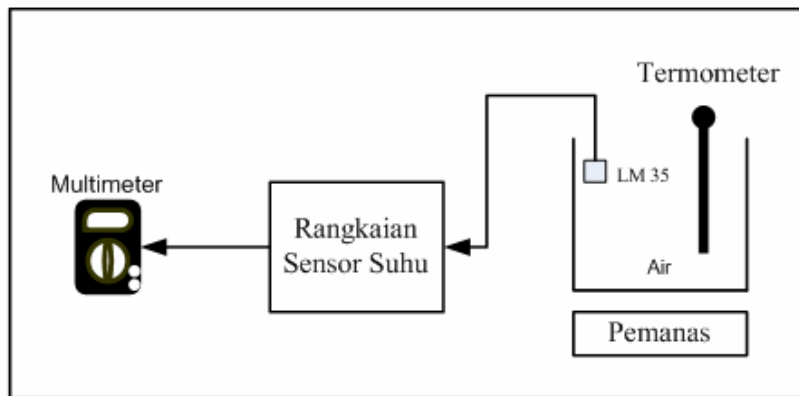
5.1 Pengujian Perangkat Keras

5.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian sensor suhu yang menggunakan tipe LM35 ini, bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan suhu, yaitu dengan mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor suhu baik, maka setiap perubahan suhu 1°C , keluaran sensor akan berubah ± 10 mV (Sumber: data sheet sensor LM35, 2000).

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Termometer
 - 2) Pemanas
 - 3) Bejana
 - 4) Multimeter
 - 5) Catu daya
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
 - 2) Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian.
 - 3) Memasukkan sensor suhu ke dalam bejana berisi air, setelah sensor diisolasi dengan baik.
 - 4) Memasukkan termometer ke dalam bejana untuk mengetahui pembacaan suhu.

- 5) Menaikkan suhu air dengan cara menghidupkan pemanas.
- 6) Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital.
- 7) Mencatat hasil pengukuran dan membandingkan dengan hasil perhitungan.
- 8) Mengulangi langkah 5 sampai 7 untuk mendapatkan hasil pengukuran selanjutnya.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.1. Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan keluaran (mV)		Penyimpangan (%)
		Pengukuran	Perhitungan	
1	30	299	300	0,33
2	35	347	350	0,86
3	40	398	400	0,50
4	45	454	450	0,89
5	50	497	500	0,60
6	55	545	550	0,91
7	60	598	600	0,33
8	65	654	650	0,62
9	70	696	700	0,57
10	75	748	750	0,27
11	80	797	800	0,38
12	85	848	850	0,24
13	90	897	900	0,33
14	95	947	950	0,32
15	100	998	1000	0,20
Penyimpangan rata-rata				0,49

Dari tabel 5.1 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan suhu adalah mendekati linier dan sesuai dengan spesifikasi sensor suhu tersebut. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

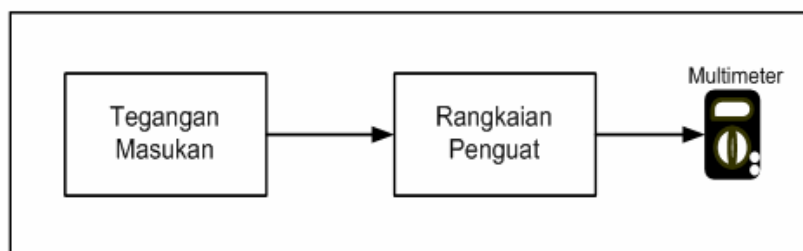
$$\text{Prosentase penyimpangan} = \left| \frac{V_0 \text{ perhitungan} - V_0 \text{ pengukuran}}{V_0 \text{ perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{7,35\%}{15} = 0,49\%$$

5.1.2 Pengujian Rangkaian Penguat

Tujuan pengujian rangkaian penguat adalah untuk membandingkan tegangan keluaran hasil pengamatan dengan hasil perhitungan berdasarkan perubahan tegangan masukan yang direncanakan mempunyai penguatan 1,96 kali.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Catu daya
 - 2) Multimeter Digital
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyiapkan rangkaian penguat tegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.2.
 - 2) Memberikan tegangan variabel sebagai tegangan referensi pada masukan rangkaian penguat tak membalik
 - 3) Mengukur tegangan keluaran penguat tak membalik dengan multimeter digital.
 - 4) Mencatat hasil pengukuran dan membandingkan dengan hasil perhitungan.



Gambar 5.2 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Penguat

- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Penguat

No	Tegangan masukan (mV)	Tegangan keluaran (mV)		Penyimpangan (%)
		Pengukuran	Perhitungan	
1	300	589	588	0,17
2	350	688	686	0,29
3	400	786	784	0,26
4	450	880	882	0,23
5	500	983	980	0,31
6	550	1076	1078	0,19
7	600	1178	1176	0,17
8	650	1278	1274	0,31
9	700	1370	1372	0,15
10	750	1473	1470	0,20
11	800	1565	1568	0,19
12	850	1664	1666	0,12
13	900	1767	1764	0,17
14	950	1865	1862	0,16
15	1000	1962	1960	0,10
Penyimpangan rata-rata				0,201

Dalam Tabel 5.2 hasil pengujian bisa dilihat bahwa rangkaian penguat tersebut mampu menguatkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang mendekati nilai yang direncanakan. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

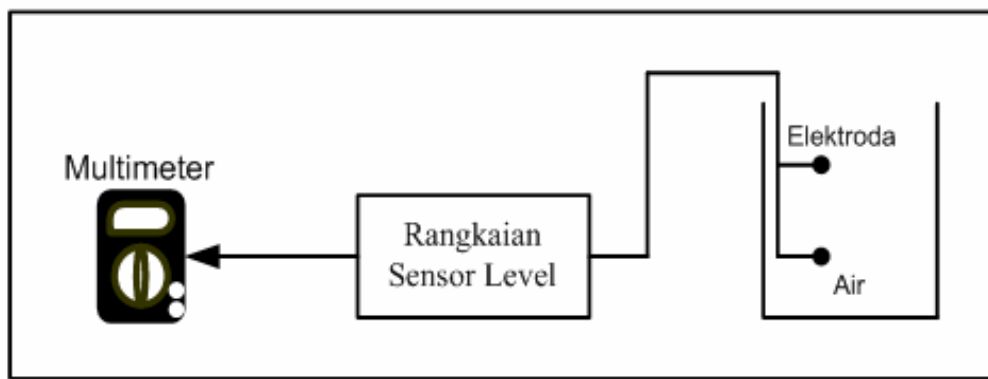
$$\text{Prosentase penyimpangan} = \left| \frac{V_0 \text{ perhitungan} - V_0 \text{ pengukuran}}{V_0 \text{ perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{3,02\%}{15} = 0,201\%$$

5.1.3 Pengujian Rangkaian Sensor Level

Tujuan pengujian rangkaian sensor level adalah untuk mengetahui tegangan *output* rangkaian sensor level pada saat terhubung air dan tidak terhubung air.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Elektroda
 - 2) Bejana
 - 3) Catu daya.
 - 4) Multimeter digital.
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Merangkai blok pengujian rangkaian *limit switch* seperti dalam Gambar 5.3.
 - 2) Mengaktifkan catu daya.
 - 3) Melakukan perubahan kondisi air pada bejana.
 - 4) Mencatat hasil pengujian, yakni berupa tegangan yang ditampilkan pada multimeter digital.



Gambar 5.3 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Sensor Level

- Hasil Pengujian dan analisis

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Level

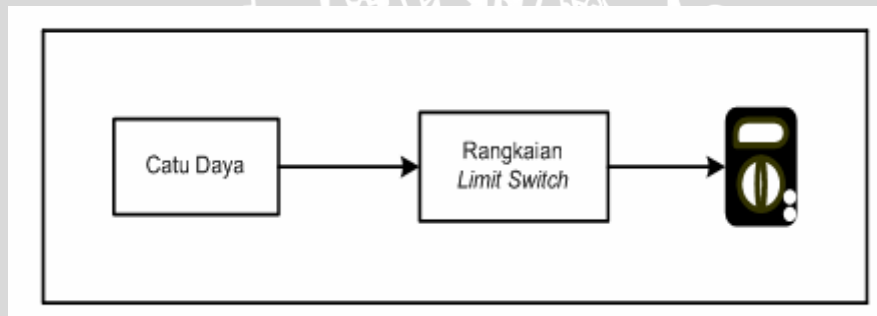
Kondisi Elektroda	Tegangan pada multimeter digital (Volt)	Logika
Tidak terhubung air	4	1
Terhubung air	0	0

Dalam Tabel 5.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa pada saat elektroda tidak terhubung air, maka rangkaian sensor level akan berlogika “1”. Sedangkan pada saat terhubung air, maka rangkaian sensor level akan berlogika “0”. Sehingga rangkaian sensor level ini bekerja dengan baik pada aplikasi yang telah dirancang.

5.1.4 Pengujian Rangkaian *Limit Switch*

Tujuan pengujian rangkaian *limit switch* adalah untuk mengetahui tegangan *output* rangkaian *limit switch* pada saat aktif dan tidak aktif.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Rangkaian *limit switch*.
 - 2) Catu daya.
 - 3) Multimeter digital.
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Merangkai blok pengujian rangkaian *limit switch* seperti dalam Gambar 5.4.
 - 2) Mengaktifkan catu daya.
 - 3) Memberikan perubahan kondisi pada *limit switch*.
 - 4) Mencatat hasil pengujian, yakni berupa tegangan yang ditampilkan pada multimeter digital.



Gambar 5.4 Diagram Blok Pengujian Rangkaian *Limit Switch*

- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Rangkaian *Limit Switch*

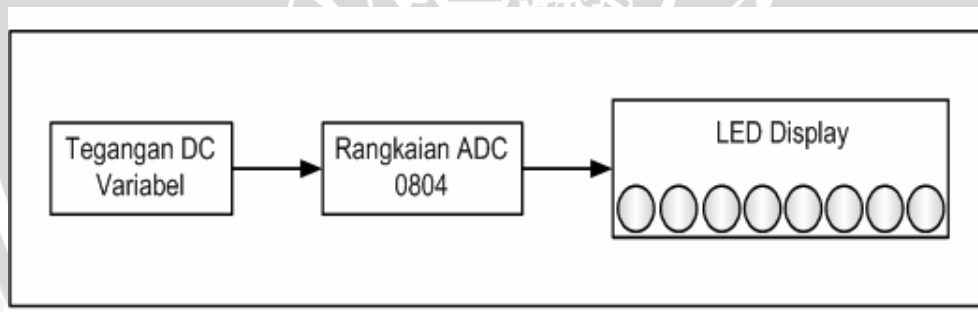
Kondisi <i>limit switch</i>	Tegangan pada multimeter digital (Volt)	Logika
Tidak Aktif	4,9	1
Aktif	0	0

Dalam Tabel 5.3 dapat ditarik kesimpulan bahwa pada saat *limit switch* aktif, maka rangkaian *limit switch* akan berlogika “1”. Sedangkan pada saat *limit switch* tidak aktif, maka rangkaian *limit switch* akan berlogika “0”. Sehingga rangkaian *limit switch* yang berfungsi sebagai sensor tepung kanji ini bekerja dengan baik pada aplikasi yang telah dirancang.

5.1.5 Pengujian Rangkaian ADC 0804

Pengujian ADC ini dilakukan, untuk mengetahui keluaran digital yang dihasilkan oleh ADC 0804 berdasarkan masukan analog yang diberikan serta untuk mengetahui kelinieran konversi ADC.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Sumber tegangan DC variabel
 - 2) Multimeter Digital
 - 3) Catu daya 5 volt
 - 4) LED Display
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyusun diagram blok rangkaian yang ditunjukkan dalam Gambar 5.5.
 - 2) Memberikan tegangan masukan rangkaian ADC dengan nilai yang berbeda.
 - 3) Menghubungkan keluaran ADC 8 bit dengan LED untuk mengetahui hasil konversi masukan analog ke bentuk keluaran digital
 - 4) Mengamati dan mencatat hasil pengujian dengan memperhatikan nyala masing-masing LED untuk tiap-tiap masukan analog yang berbeda



Gambar 5.5 Diagram Blok Rangkaian Pengujian ADC 0804

- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Rangkaian ADC 0804

No	Tegangan Masukan (mV)	Keluaran		Perubahan tiap bit (mV)
		Desimal	Biner	
1	200	10	00001010	20,00
2	400	20	00010100	20,00
3	600	31	00011111	19,35
4	800	41	00101001	19,51
5	1000	51	00110011	19,61

6	1200	61	00111101	19,67
7	1400	71	01000111	19,72
8	1600	82	01010010	19,51
9	1800	92	01011100	19,57
10	2000	102	01100110	19,61
Perubahan tiap bit rata-rata				19,66

Dalam Tabel 5.5 tegangan masukan dapat dibinerkan dengan ADC 0804. Nilai kesalahan menunjukkan nilai penyimpangan data digital keluaran ADC dengan nilai yang sebenarnya. Nilai kesalahan maksimum berdasarkan data yang diberikan ke ADC 0804 adalah sebesar 1 LSB. Besarnya kesalahan perubahan tiap bit dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut:

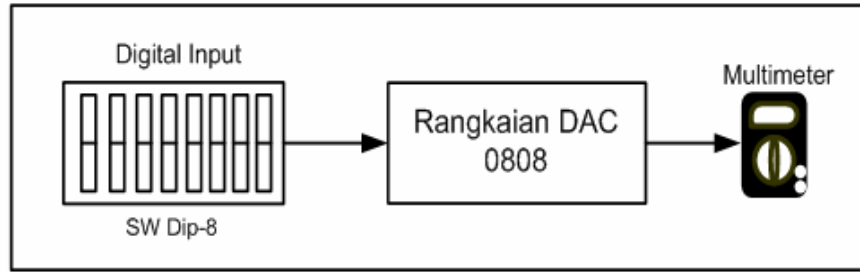
$$\text{Prosentase penyimpangan tiap bit} = \frac{19,60 - 19,66}{19,60} \times 100\% = 0,31\%$$

Dengan demikian ADC ini bisa dikatakan berjalan dengan baik untuk aplikasi yang direncanakan. Kesalahan hasil konversi ADC dapat disebabkan oleh tingkat akurasi komponen ADC dan juga tidak stabilnya tegangan referensi yang diberikan pada ADC.

5.1.6 Pengujian Rangkaian DAC 0808

Pengujian DAC ini dilakukan untuk mengetahui keluaran analog yang dihasilkan oleh DAC berdasarkan masukan digital yang diberikan.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Multimeter digital
 - 2) Catu daya 5 volt
 - 3) SW Dip-8
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyusun diagram blok rangkaian yang ditunjukkan dalam Gambar 5.6.
 - 2) Memberikan logika masukan pada rangkaian DAC dengan mengatur SW Dip-8.
 - 3) Mencatat hasil pengujian keluaran DAC, yakni berupa tegangan yang ditampilkan pada multimeter digital.



Gambar 5.6 Diagram Blok Rangkaian Pengujian DAC 0808

- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Rangkaian DAC 0808

Data yang Dimasukkan (Hex)	V ₀ DAC (V)		Penyimpangan (%)
	Pengukuran	Perhitungan	
00	0	0	0
07	0,14	0,14	0
0F	0,28	0,29	3,45
1F	0,59	0,60	1,67
27	0,74	0,75	1,33
3F	1,19	1,22	2,46
47	1,36	1,37	0,73
5F	1,81	1,84	1,63
67	1,97	1,99	1,01
7F	2,43	2,46	1,23
87	2,59	2,62	1,15
9F	3,05	3,08	0,97
A7	3,21	3,23	0,62
BF	3,65	3,70	1,35
C7	3,82	3,85	0,78
DF	4,29	4,32	0,69
E7	4,79	4,82	0,62
FF	4,96	4,98	0,40
Penyimpangan rata-rata			1,12

Dalam tabel 5.6 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran DAC terhadap perubahan logika masukan adalah mendekati linier dan sesuai dengan spesifikasi DAC tersebut, Dengan demikian DAC ini bisa dikatakan berjalan dengan baik untuk aplikasi yang direncanakan. Prosentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan adalah sebagai berikut:

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \left| \frac{V_0 \text{ perhitungan} - V_0 \text{ pengukuran}}{V_0 \text{ perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Penyimpangan rata-rata} = \frac{20,09\%}{18} = 1,12\%$$

5.1.7 Pengujian Rangkaian LCD

Tujuan pengujian rangkaian LCD adalah untuk mengetahui tampilan pada *display LCD*, ketika diberi data masukan dari *minimum system* AT89S52.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Display LCD M1632.
 - 2) Rangkaian *driver* LCD.
 - 3) Komputer
 - 4) *Minimum system* AT89S52.
 - 5) Catu daya.
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Merangkai blok pengujian *display* LCD seperti dalam Gambar 5.7.
 - 2) Menentukan data yang ingin ditampilkan.
 - 3) Mengaktifkan catu daya.
 - 4) Membuat program untuk pengujian *display* LCD, kemudian *download* program tersebut ke dalam mikrokontroler AT89S52.
 - 5) Hasil pengujian dapat diketahui dengan cara melihat pada *display* LCD tersebut.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian LCD

- Hasil Pengujian dan Analisis



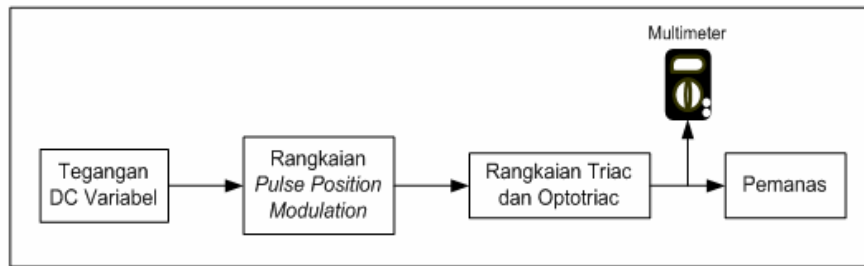
Gambar 5.8 Hasil Pengujian LCD

Dalam Gambar 5.8 dapat disimpulkan bahwa LCD bekerja dengan baik, yaitu dapat menampilkan karakter yang diinginkan sesuai dengan data yang dimasukkan.

5.1.8 Pengujian Rangkaian *Driver* Pemanas

Pengujian rangkaian *driver* pemanas ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan daya dari pemanas. *Driver* pemanas ini menggunakan rangkaian PWM yang terdiri dari rangkaian *pulse position modulation* dan rangkaian *optotriac*.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Rangkaian *driver* pemanas
 - 2) Pemanas (*heater*)
 - 3) Catu daya DC variabel
 - 4) Catu daya AC 220 V
 - 5) Multimeter digital
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyusun rangkaian pengujian seperti pada Gambar 5.9.
 - 2) Menghubungkan catu daya DC ke rangkaian.
 - 3) Menghubungkan catu daya AC dengan pemanas.
 - 4) Mengubah tegangan masukan pada rangkaian *Pulse Position Modulation* supaya daya yang dihasilkan oleh pemanas dapat berubah-ubah.
 - 5) Mengukur dan mencatat tegangan pada pemanas dengan menggunakan multimeter digital.
 - 6) Mengulangi langkah 4 sampai 5 untuk mendapatkan hasil selanjutnya.



Gambar 5.9 Diagram Blok Pengujian *Driver* pemanas

- Hasil pengujian dan analisis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan mengatur lebar pulsa *Pulse Position Modulation* (waktu tunda perlambatan *triac* untuk konduksi), maka akan didapatkan tingkat daya pemanas yang berbeda-beda.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Rangkaian Pemanas

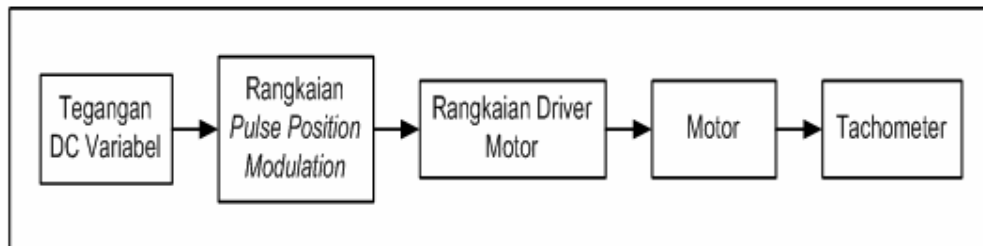
No.	Tegangan input <i>Pulse Position Modulation</i> (VDC)	Hasil pengujian tegangan pemanas (VAC)
1	0	0
2	0,5	15
3	1	20
4	1,5	25
5	2	27
6	2,5	30
7	3	50
8	3,5	75
9	4	100
10	4,5	150
11	5	220

5.1.9 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor Pengaduk

Pengujian rangkaian *driver* motor pengaduk ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perubahan kecepatan dari motor. *Driver* motor pengaduk ini menggunakan rangkaian PWM yang terdiri dari rangkaian *pulse position modulation* dan rangkaian *optocoupler*.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Rangkaian *driver* motor pengaduk
 - 2) Motor DC
 - 3) Catu daya DC variabel

- 4) Tachometer
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menyusun rangkaian pengujian seperti pada Gambar 5.10.
 - 2) Menghubungkan catu daya DC ke rangkaian.
 - 3) Mengubah tegangan masukan pada rangkaian *Pulse Position Modulation* supaya daya yang dihasilkan oleh pemanas dapat berubah-ubah.
 - 4) Mengukur dan mencatat kecepatan pada motor.
 - 5) Mengulangi langkah 3 sampai 4 untuk mendapatkan hasil selanjutnya.



Gambar 5.10 Diagram Blok Pengujian *Driver Motor* Pengaduk

- Hasil pengujian dan analisis
 Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan mengatur lebar pulsa *Pulse Position Modulation*, maka akan didapatkan perubahan kecepatan motor yang berbeda dengan kondisi *Slow* dan *Fast*.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Rangkaian Motor Pengaduk

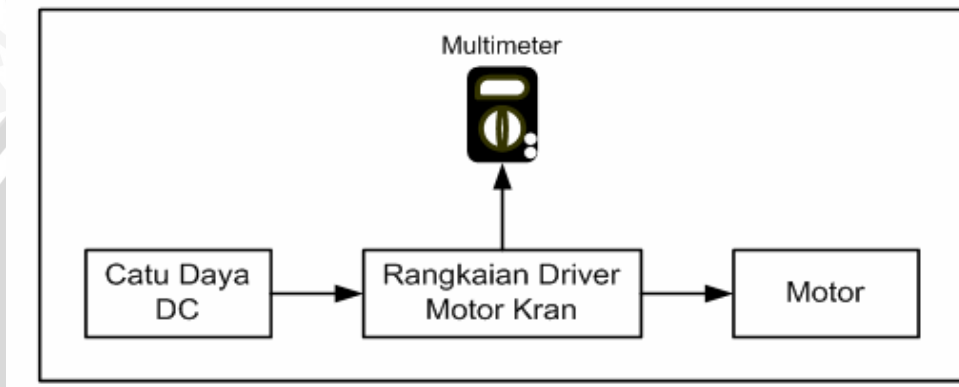
No	Tegangan input <i>Pulse Position Modulation</i> (Vdc)	Hasil pengujian kecepatan motor (Rpm)	Kondisi
1	2,5	60	<i>Slow</i>
2	5	80	<i>Fast</i>

5.1.10 Pengujian Rangkaian *Driver Motor* Kran

Tujuan pengujian rangkaian *driver* motor kran adalah untuk mengetahui cara kerja *driver* motor kran yang berfungsi sebagai pengisi air tabung pemasak kanji.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Catu daya 5V dan 12V.
 - 2) *Driver Motor* DC.

- 3) Motor DC.
- 4) Multimeter digital.
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Merangkai blok pengujian *driver* motor kran seperti dalam Gambar 5.11.
 - 2) Memberikan tegangan masukan input 1 dan input 2 pada rangkaian *driver* motor.
 - 3) Mengamati dan mencatat hasil pengujian, yakni berupa tegangan yang tampak pada multimeter digital dan gerakan motor kran.



Gambar 5.11 Diagram Blok Pengujian Rangkaian *Driver* Motor Kran

- Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.9 Pengujian Rangkaian *Driver* Motor Kran

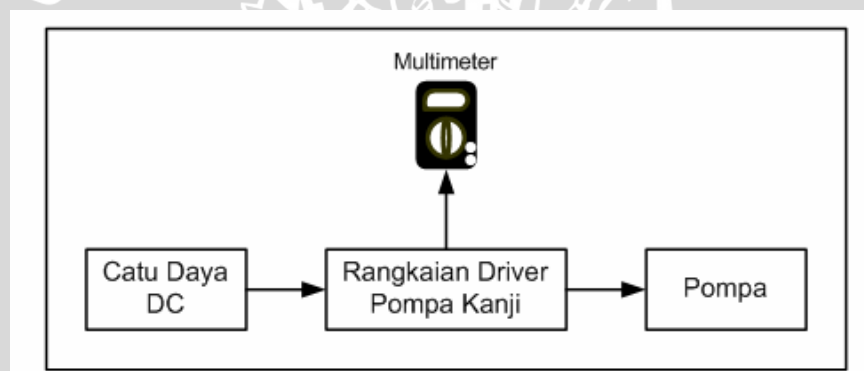
Kondisi	Input 1 (V)	Input 2 (V)	Output Motor (V)	Gerakan Motor Kran
1	0	0	0	Tidak Aktif
2	5	0	12	Putar Kanan (Buka)
3	0	5	12	Putar Kiri (Tutup)
4	5	5	0	Tidak Aktif

Dalam Tabel 5.9 dapat disimpulkan bahwa motor bergerak putar kanan dan kiri apabila kondisi ke-dua masukan berbeda. Dengan membalik polaritas dari motor kran maka terjadi perbedaan putaran, dengan demikian rangkaian *driver* ini bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

5.1.11 Pengujian Rangkaian *Driver* Pompa Kanji

Tujuan pengujian rangkaian *driver* pompa kanji adalah untuk mengetahui cara kerja *driver* pompa kanji yang berfungsi sebagai mengalirkan kanji ke *size box*.

- Peralatan yang digunakan adalah:
 - 1) Catu daya 5V
 - 2) *Driver* pompa kanji
 - 3) Pompa.
 - 4) Multimeter digital.
- Langkah-langkah pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Merangkai blok pengujian *driver* pompa kanji seperti dalam Gambar 5.12.
 - 2) Memberikan tegangan masukan pada rangkaian *driver* pompa kanji.
 - 3) Mengamati dan mencatat hasil pengujian, yakni berupa tegangan yang tampak pada multimeter digital dan kondisi pompa kanji.



Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian Rangkaian *Driver* Pompa Kanji

- Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.10 Pengujian Rangkaian *Driver* Pompa Kanji

Kondisi	Input (VDC)	Output Pompa (VAC)	Kondisi Pompa kanji
1	0	220	Aktif
2	5	0	Tidak Aktif

Dalam Tabel 5.10 dapat disimpulkan bahwa pompa kanji akan aktif ketika diberi masukan 0V (logika low). Dengan demikian rangkaian *driver* pompa kanji ini bekerja sesuai dengan yang direncanakan.

5.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ini bertujuan untuk membuktikan, apakah pengujian rangkaian dari setiap blok di atas dapat membentuk suatu sistem yang diharapkan, dengan pengujian ini juga dapat diketahui apakah alat yang dirancang telah bekerja sesuai dengan prinsip kerja yang telah direncanakan pada awal.

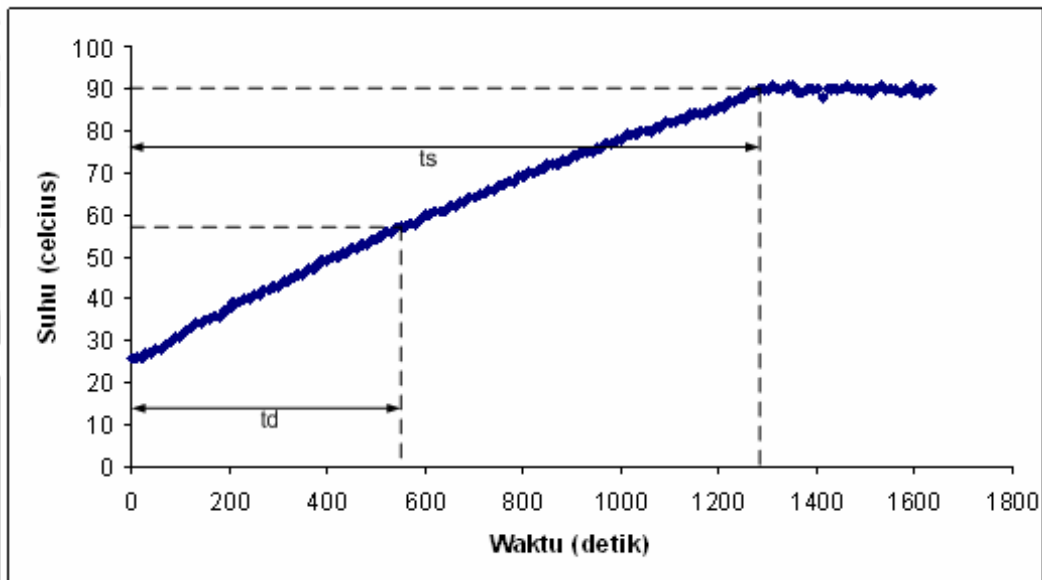
- Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:
 - 1) Menggabungkan seluruh perangkat keras (*hardware*) beserta programnya (*software*) dengan mekanik *prototype* pemasak kanji.
 - 2) Menghidupkan saklar catu daya dan memastikan alat telah bekerja.
 - 3) Mengamati dan mencatat hasil pengujian.
- Hasil pengujian dan analisis

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 26 °C dan Setpoint 90 °C

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
0	26	270	42
10	26	280	42
20	26	290	43
30	27	300	43
40	27	310	44
50	28	320	44
60	28	330	45
70	29	340	46
80	30	350	46
90	31	360	47
100	31	370	47
110	32	380	48
120	33	390	49
130	34	400	49
140	34	410	50
150	35	420	50
160	35	430	51
170	36	440	51
180	36	450	52
190	37	460	52
200	38	470	53
210	39	480	53
220	39	490	54
230	40	500	54
240	40	510	55
250	41	520	56
260	41	530	56

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
540	57	1030	79
550	57	1040	80
560	57	1050	80
570	58	1060	80
580	58	1070	81
590	59	1080	81
600	60	1090	82
610	60	1100	82
620	61	1110	82
630	61	1120	83
640	61	1130	83
650	62	1140	84
660	62	1150	84
670	63	1160	84
680	63	1170	84
690	64	1180	85
700	64	1190	85
710	65	1200	86
720	65	1210	86
730	66	1220	87
740	66	1230	87
750	67	1240	88
760	67	1250	88
770	68	1260	89
780	68	1270	89
790	69	1280	90
800	69	1290	90
810	70	1300	90
820	70	1310	91
830	71	1320	90
840	71	1330	90
850	72	1340	91
860	72	1350	91
870	72	1360	89
880	73	1370	89
890	73	1380	90
900	74	1390	90
910	74	1400	90
920	75	1410	88
930	75	1420	90
940	75	1430	90
950	76	1440	90
960	76	1450	90
970	77	1460	91
980	77	1470	90
990	78	1480	90
1000	78	1490	90
1010	79	1500	90
1020	79	1510	89

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
1520	90	1580	90
1530	91	1590	91
1540	90	1600	89
1550	90	1610	89
1560	90	1620	90
1570	89	1630	90



Gambar 5.13 Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 26 °C dan Set Point 90 °C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

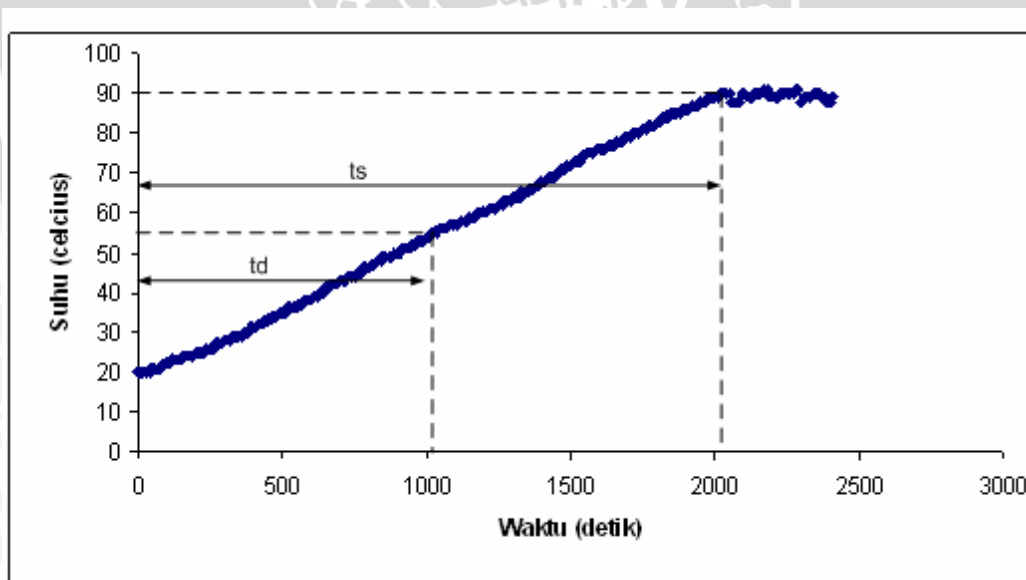
- 1) Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
 - t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 570 detik.
- 2) Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
 - t_s yang diperoleh adalah 1280 detik.
- 3) *Error steady state* yang terjadi sebesar 1,11%.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan
Dengan Suhu Awal 20 °C dan Setpoint 90 °C

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
0	20	470	34
10	20	480	34
20	20	490	35
30	20	500	35
40	20	510	35
50	21	520	36
60	21	530	36
70	21	540	36
80	21	550	36
90	22	560	37
100	22	570	37
110	22	580	38
120	23	590	38
130	23	600	38
140	23	610	39
150	23	620	39
160	24	630	40
170	24	640	40
180	24	650	41
190	24	660	41
200	25	670	42
210	25	680	42
220	25	690	42
230	25	700	43
240	26	710	43
250	26	720	43
260	26	730	44
270	27	740	44
280	27	750	44
290	27	760	45
300	28	770	45
310	28	780	46
320	28	790	46
330	29	800	46
340	29	810	47
350	29	820	47
360	29	830	48
370	30	840	48
380	30	850	49
390	31	860	49
400	31	870	49
410	31	880	49
420	32	890	50
430	32	900	50
440	33	910	50
450	33	920	51
460	33	930	51

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
940	51	1430	69
950	52	1440	69
960	52	1450	70
970	53	1460	70
980	53	1470	71
990	53	1480	71
1000	54	1490	72
1010	54	1500	72
1020	55	1510	73
1030	55	1520	73
1040	55	1530	73
1050	56	1540	74
1060	56	1550	74
1070	56	1560	75
1080	57	1570	75
1090	57	1580	75
1100	57	1590	76
1110	57	1600	76
1120	58	1610	76
1130	58	1620	76
1140	58	1630	77
1150	59	1640	77
1160	59	1650	77
1170	59	1660	78
1180	60	1670	78
1190	60	1680	78
1200	60	1690	79
1210	60	1700	79
1220	61	1710	79
1230	61	1720	80
1240	61	1730	80
1250	62	1740	80
1260	62	1750	81
1270	63	1760	81
1280	63	1770	82
1290	63	1780	82
1300	64	1790	82
1310	64	1800	83
1320	64	1810	83
1330	65	1820	84
1340	65	1830	84
1350	65	1840	84
1360	66	1850	85
1370	66	1860	85
1380	67	1870	85
1390	67	1880	85
1400	68	1890	86
1410	68	1900	86
1420	69	1910	86

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
1920	87	2170	91
1930	87	2180	91
1940	87	2190	89
1950	88	2200	89
1960	88	2210	89
1970	88	2220	89
1980	89	2230	90
1990	89	2240	90
2000	89	2250	90
2010	89	2260	90
2020	89	2270	90
2030	90	2280	91
2040	90	2290	91
2050	90	2300	88
2060	88	2310	89
2070	88	2320	89
2080	88	2330	89
2090	90	2340	90
2100	90	2350	90
2110	89	2360	90
2120	89	2370	89
2130	89	2380	89
2140	90	2390	88
2150	90	2400	88
2160	90	2410	89



Gambar 5.14 Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 20 °C dan Set Point 90 °C

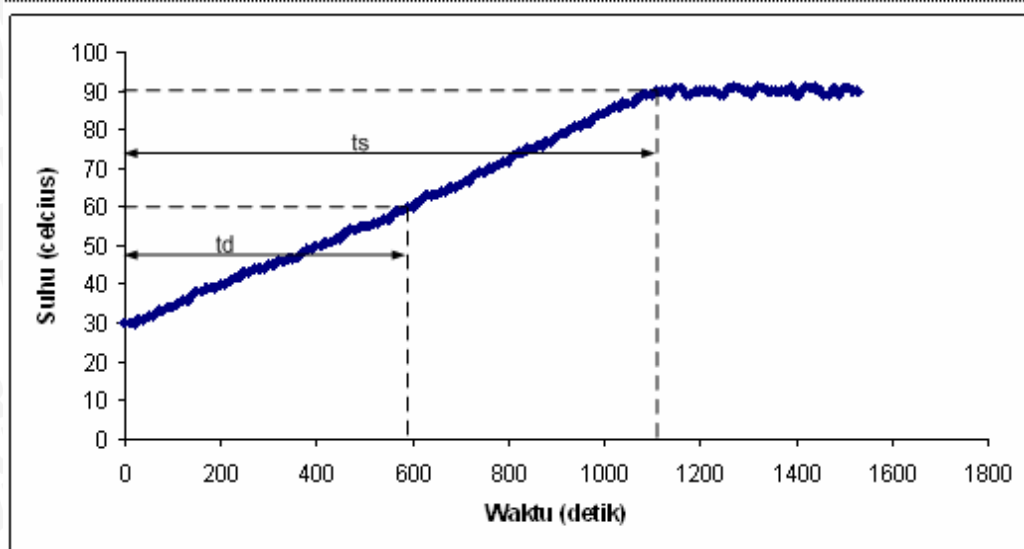
Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

- 1) Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
 - t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 1020 detik.
- 2) Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
 - t_s yang diperoleh adalah 2020 detik.
- 3) *Error steady state* yang terjadi sebesar 2,22%.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 30 °C dan Setpoint 90 °C

Waktu (detik)	Suhu (°C)	Waktu (detik)	Suhu (°C)
0	30	340	47
10	30	350	47
20	30	360	47
30	31	370	48
40	31	380	49
50	32	390	49
60	32	400	50
70	33	410	50
80	33	420	51
90	34	430	51
100	34	440	52
110	35	450	52
120	36	460	53
130	36	470	54
140	37	480	54
150	38	490	55
160	38	500	55
170	39	510	55
180	39	520	56
190	39	530	56
200	40	540	57
210	40	550	57
220	41	560	58
230	42	570	59
240	42	580	59
250	43	590	60
260	43	600	60
270	44	610	61
280	44	620	62
290	44	630	63
300	45	640	63
310	45	650	63
320	46	660	64
330	46	670	64

680	65	1110	90
690	65	1120	90
700	66	1130	90
710	67	1140	89
720	67	1150	91
730	68	1160	91
740	69	1170	89
750	69	1180	89
760	70	1190	90
770	70	1200	90
780	71	1210	90
790	72	1220	90
800	72	1230	90
810	73	1240	89
820	74	1250	89
830	74	1260	91
840	75	1270	91
850	75	1280	91
860	76	1290	90
870	76	1300	90
880	77	1310	89
890	77	1320	91
900	78	1330	91
910	79	1340	90
920	79	1350	90
930	80	1360	90
940	81	1370	90
950	81	1380	90
960	82	1390	91
970	82	1400	89
980	83	1410	89
990	84	1420	91
1000	84	1430	91
1010	85	1440	91
1020	86	1450	90
1030	86	1460	89
1040	87	1470	89
1050	87	1480	91
1060	87	1490	89
1070	88	1500	91
1080	89	1510	91
1090	89	1520	90
1100	89	1530	90



Gambar 5.15 Grafik Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan Dengan Suhu Awal 30 °C dan Set Point 90 °C

Dari grafik diatas didapatkan data sebagai berikut:

- 1) Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan respon untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama.
 - t_d yang didapatkan dari pengujian ini adalah 590 detik.
- 2) Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*.
 - t_s yang diperoleh adalah 1110 detik.
- 3) *Error steady state* yang terjadi sebesar 1,11%.

BAB VI PENUTUP

6.1. Kesimpulan

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

1. Rangkaian sensor suhu yang digunakan untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik mempunyai prosentase kesalahan pendeteksian sebesar 0,49%.
2. Tanggapan atau respon transient suhu yang diperoleh pada saat pengujian sistem untuk pengukuran suhu awal 20⁰C dan setpoint 90⁰C adalah sebagai berikut:

Tabel 6.1 Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 20⁰C

Tanggapan Transien Suhu		
Td (s)	Ts (s)	Ess (%)
1020	2030	2,22

3. Tanggapan atau respon transient suhu yang diperoleh pada saat pengujian sistem untuk pengukuran suhu awal 26⁰C dan setpoint 90⁰C adalah sebagai berikut:

Tabel 6.2 Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 26⁰C

Tanggapan Transien Suhu		
Td (s)	Ts (s)	Ess (%)
570	1280	1,11

4. Tanggapan atau respon transient suhu yang diperoleh pada saat pengujian sistem untuk pengukuran suhu awal 30⁰C dan setpoint 90⁰C adalah sebagai berikut:

Tabel 6.3 Respon Transien Suhu Pada Suhu Awal 30⁰C

Tanggapan Transien Suhu		
Td (s)	Ts (s)	Ess (%)
590	1110	1,11

5. Semakin rendah suhu lingkungan (suhu awal) maka waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu setpoint 90°C semakin lambat. Begitu sebaliknya apabila semakin tinggi suhu lingkungan (suhu awal) maka waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu setpoint 90°C semakin cepat.

6.2. Saran

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

1. Perlu digunakan sensor yang baik untuk meningkatkan ketelitian dari besaran yang diukur. Sehingga performa sistem akan dapat ditingkatkan sesuai dengan yang diharapkan.
2. Penggunaan sensor suhu thermokopel akan lebih memaksimalkan pengukuran temperature karena ketahanannya terhadap panas yang berinteraksi langsung dengan media.
3. Untuk menambah tingkat kepresisian alat dalam membaca setiap perubahan keadaan yang terjadi dapat dilakukan dengan menambah jumlah fungsi keanggotaan dan memodifikasi aturan-aturan *fuzzy* pada masing-masing variabel masukan dan keluarannya.
4. Untuk pengembangan dan penyempurnaan kinerja alat diperlukan riset lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel Corporation. 2001. *8-Bit Mikrocontroler With 8K Bytes In-System Programmable Flash AT89S52*. Atmel. <http://www.Atmel.com>
- Coughlin, R.F. 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. penerjemah Ir. Herman W. S. Erlangga. Jakarta.
- Eko, Agfianto Putra. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*. Gava Media. Yogyakarta.
- El-Tech Electronics. 1987. *LCD Modul User Manual*. Seiko Instruments Inc. Japan.
- Fairchild Semiconductor. 2002. *Phototransistor Optocoupler*. Fairchild Semiconductor Corporation. <http://www.Fairchildsemi.com>
- Fairchild Semiconductor. 2002. *LM555/NE555/SA555*. Fairchild Semiconductor Corporation. <http://www.Fairchildsemi.com>
- Malvino, Albert, Paul. 1996. *Prinsip-prinsip Elektronika*. alih bahasa Hanafi Gunawan. Erlangga. Jakarta.
- Malvino, Albert, Paul. 2003. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Salemba Teknika. Jakarta.
- Motorola, Inc. 1995. *Optoisolators Triac Driver Output*. Semiconductor Technical Data. <http://www.motorola.com>
- Mujahidin. *Belajar Logika Fuzzy*. Laboratorium Mikroelektronika ITN. Malang
- National Semiconductor. 2000. *LM35 Precison Centigrade Temperature Sensors*. National Semiconductor. <http://www.national.com>
- National Semiconductor Corp. 1999. *Analog Digital Converter/ADC 0804*. National Semiconductor. <http://www.national.com>
- National Semiconductor Corp. 1999. *Digital Analog Converter/DAC 0808*. National Semiconductor. <http://www.national.com>
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta
- PT. Eratex Djaja. 2007. *Manual Book Cooker Sizing*. Probolinggo
- Sutrisno. 1987. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. ITB. Bandung.
- Yan, Jun. 1994. *Using Fuzzy Logic*. Prentice Hall: New Jersey