

**PENGONTROLAN KECEPATAN MOTOR DC PADA  
PENYIMPANAN TEMPE MENGGUNAKAN SINAR  
ULTRAVIOLET BERBASIS KONTROL LOGIKA FUZZY**

**SKRIPSI  
KONSENTRASI TEKNIK KONTROL**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**DISUSUN OLEH:  
RISSA AGUSTIN  
NIM. 0810633078**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
MALANG  
2013**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
ABSTRAK .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tempe.....	4
2.2 Radiasi Sinar UV .....	4
2.2.1 Aplikasi Sinar Ultraviolet.....	7
2.3 Logika <i>Fuzzy</i> .....	8
2.3.1 Himpunan Crisp dan Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	8
2.3.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
2.3.3 Operasi-Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	10
2.3.4 Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	11
2.3.5 Fuzzyfikasi .....	13
2.3.6 Basis Pengetahuan.....	13
2.3.7 Penyimpulan <i>Fuzzy</i> .....	14

2.3.8 Defuzzifikasi .....	16
2.4 Mikrokontroler AT89S52 .....	16
2.4.1 Konfigurasi AT89S52 .....	17
2.5 Motor DC .....	19
2.6 LCD (Liquid Crystal Display) .....	21
2.7 Sensor Suhu LM35.....	22
2.8 Keypad Matrix 4x4 .....	23
2.9 Brushless DC Fan.....	24
2.10 Relay .....	25
2.11 Potensiometer.....	26
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Studi Literatur .....	28
3.2 Perencanaan Sistem Pengontrolan .....	28
3.2.1 Blok Diagram .....	29
3.2.2 Prinsip Kerja.....	30
3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat.....	31
3.3.1 Rancangan Mesin Penyimpan Alat .....	31
3.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak.....	32
3.5 Pengujian Sistem dan Analisis .....	32
3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	32
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
4.1 Tinjauan Umum .....	33
4.1.1 Blok Diagram Alat .....	34
4.1.2 Prinsip Kerja Alat.....	34
4.2 Perancangan Perangkat Keras .....	35
4.2.1 Rangkaian Catu Daya Sistem .....	35

4.2.2 Driver Motor.....	36
4.2.3 Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	37
4.2.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	37
4.2.5 Rangkaian ADC PCF 8591 .....	38
4.2.6 Rangkaian Mikrokontroler AT89S52.....	39
4.2.7 Rangkaian RTC DS1307 .....	41
4.2.8 Rangkaian Keypad 4x4 .....	42
4.2.9 Rangkaian LCD M1632 .....	43
4.2.10 Rangkaian Driver Relay .....	44
4.3 Perancangan Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	46
4.3.1 Variabel Masukan dan Keluaran .....	47
4.3.2 Fungsi Keanggotaan Masukan .....	48
4.3.3 Perancangan Aturan <i>Fuzzy</i> .....	49
4.3.4 Metode Inferensi Max-51Min .....	50
4.3.5 Defuzzifikasi .....	51
4.4 Perencanaan Perangkat Lunak .....	51
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM</b>	
5.1 Pengujian Keypad dan modul LCD .....	54
5.2 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu .....	56
5.3 Pengujian Potensiometer.....	60
5.4 Pengujian Motor dan Driver Motor.....	64
5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	66
5.5.1 Pengujian pada Setpoint .....	67
5.5.2 Pengujian pada Tempe .....	72
5.5.3 Pengujian Suhu.....	76

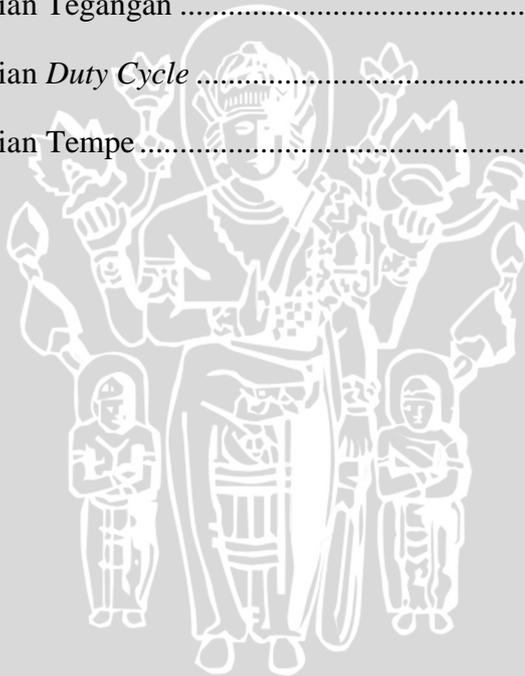
**BAB IV PENUTUP**

6.1 Kesimpulan .....	78
6.2 Saran.....	78
DAFTAR PUSTAKA .....	79
LAMPIRAN.....	80



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Panjang Gelombang Energi Radiasi Ultraviolet .....	4
Tabel 2.2 Rerata Pengaruh Kadar Protein pada Lama Penyinaran .....	8
Tabel 5.1 Data Hasil Pengujian <i>Keypad</i> dan Modul LCD .....	55
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Suhu .....	57
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor Suhu pada Sistem.....	59
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Potensiometer .....	61
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Pulse Width Modulation</i> .....	65
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Tegangan .....	70
Tabel 5.7 Hasil Pengujian <i>Duty Cycle</i> .....	71
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Tempe.....	72



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Lampu Ultraviolet .....	7
Gambar 2.2 Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	9
Gambar 2.3 Himpunan <i>Fuzzy</i> dan Fungsi Keanggotaannya .....	10
Gambar 2.4 Struktur Dasar KLF .....	12
Gambar 2.5 Penyimpulan <i>Fuzzy</i> Max-Min dengan Masukan Crisp .....	15
Gambar 2.6 Konfigurasi pin AT89S52 .....	18
Gambar 2.7 Diagram Blok AT89S52 .....	19
Gambar 2.8 Motor DC .....	21
Gambar 2.9 LCD m1632 .....	22
Gambar 2.10 Sensor Suhu LM35 .....	23
Gambar 2.11 Keypad 4x4 .....	24
Gambar 2.12 Brushless DC Fan .....	25
Gambar 2.13 Relay .....	25
Gambar 2.14 Potensiometer .....	27
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem .....	29
Gambar 3.2 Pengendali Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	30
Gambar 3.3 Skema Bagian Dalam Alat Penyimpanan Tempe .....	31
Gambar 3.4 Ukuran pada Alat Penyimpanan Tempe .....	31
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem .....	34
Gambar 4.2 Rangkaian Catu Daya Sistem .....	35
Gambar 4.3 <i>Driver</i> Motor DC Pemutar Tempe .....	36
Gambar 4.4 Rangkaian Sensor Suhu LM35 .....	37
Gambar 4.5 Rangkaian Penguat Non-Inverting .....	38
Gambar 4.6 Rangkaian PCF 8591 .....	39
Gambar 4.7 Rangkaian Mikrokontroler AT89S52 .....	40

Gambar 4.8 Rangkaian RTC .....	42
Gambar 4.9 Rangkaian Keypad 4x4 .....	43
Gambar 4.10 Rangkaian LCD .....	44
Gambar 4.11 Rangkaian Driver Relay .....	45
Gambar 4.12 Diagram Blok Pengontrolan Sudut Putaran Motor .....	47
Gambar 4.13 Pengaturan Posisi Tempe .....	48
Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Masukan Error .....	48
Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error .....	49
Gambar 4.16 Output Single Tone .....	49
Gambar 4.17 Proses Inferensi Max-Min .....	50
Gambar 4.18 Diagram Alir Sistem .....	53
Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian <i>Keypad</i> dan Modul LCD .....	54
Gambar 5.2 Tampilan Karakter Modul LCD Ketika Tombol “ENT” pada <i>Keypad</i> ditekan .....	56
Gambar 5.3 Tampilan Karakter Modul LCD ketika Tombol “7” pada <i>Keypad</i> ditekan .....	56
Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian Sensor Suhu .....	57
Gambar 5.5 Grafik Perbandingan Antara Kondisi Suhu dengan Vout pada Sensor Suhu .....	58
Gambar 5.6 Grafik Persentase Kesalahan pada Sensor Suhu .....	59
Gambar 5.7 Pengujian Potensiometer .....	61
Gambar 5.8 Grafik Hubungan antara Sudut dengan Resistansi .....	62
Gambar 5.9 Grafik Hubungan antara Sudut dengan Tegangan .....	63
Gambar 5.10 Grafik Hubungan antara Tegangan Perhitungan dengan Tegangan Pengukuran Terhadap Sudut .....	63
Gambar 5.11 Grafik Perbandingan antara Tegangan Perhitungan	

dengan Tegangan Pengukuran Terhadap Resistansi.....	64
Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian <i>Driver</i> Motor DC.....	65
Gambar 5.13 Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem.....	67
Gambar 5.14 Hasil Pengujian Setpoint Cepat.....	67
Gambar 5.15 <i>Waveform Parameters</i> Setpoint Cepat.....	68
Gambar 5.16 Hasil Pengujian Setpoint Sedang.....	68
Gambar 5.17 <i>Waveform Parameters</i> Setpoint Sedang.....	69
Gambar 5.18 Hasil Pengujian Setpoint Lambat.....	69
Gambar 5.19 <i>Waveform Parameters</i> Setpoint Lambat.....	70
Gambar 5.20 Grafik Tegangan Terhadap Sudut dalam Satu Kali Putaran.....	71
Gambar 5.21 Grafik <i>Duty Cycle</i> Terhadap Sudut dalam Satu Kali Putaran.....	72
Gambar 5.22 Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 1.....	73
Gambar 5.23 Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 1.....	73
Gambar 5.24 Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 1.....	73
Gambar 5.25 Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 2.....	74
Gambar 5.26 Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 2.....	74
Gambar 5.27 Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 2.....	75
Gambar 5.28 Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 3.....	75
Gambar 5.29 Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 3.....	75
Gambar 5.30 Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 3.....	76

## ABSTRAK

**Rissa Agustin**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2013, Pengontrolan Kecepatan Motor DC pada Penyimpanan Tempe Menggunakan Sinar Ultraviolet Berbasis Kontrol Logika *Fuzzy*, Dosen Pembimbing: Goegoes Dwi Nusantoro, ST., MT., Tri Nurwati, ST., MT.

Tempe merupakan makanan yang sangat populer. Sejalan dengan meningkatnya konsumsi tempe mendorong berkembangnya industri pengolahan tempe untuk menghasilkan tempe yang berkualitas. Salah satu cara alternatif yaitu menggunakan radiasi UV yang dapat mempertahankan kualitas tanpa mempengaruhi kandungan didalam tempe. Alternatif untuk memperlambat perkembangbiakan kapang ini adalah dengan diputar dan disinari menggunakan pancaran radiasi sinar ultraviolet (UV) C dengan panjang gelombang 254 nm. Dalam perencanaan pembuatannya menggunakan kontrol logika *fuzzy*. Kontrol logika *fuzzy* merupakan alternatif sistem kendali modern yang mudah karena tidak perlu dicari model matematis dari suatu sistem, tetapi tetap efektif karena memiliki respon sistem yang stabil. Alat penyimpan tempe direncanakan diputar oleh motor arus searah atau direct current (DC) yang dikontrol oleh mikrokontroler AT89S52. Sensor yang digunakan yaitu sensor suhu LM35 dan potensiometer. Hasil pengujian terhadap aplikasi kontrol logika *fuzzy* menunjukkan bahwa respon sistem untuk tiap setpoint didapatkan nilai duty cycle dan tegangannya. Untuk sudut setpoint cepat  $duty\ cycle=85,6\%$  dan  $V_{in}=4,25\ V$ . Untuk setpoint sedang  $duty\ cycle=73,5\%$  dan  $V_{in}=3,63\ V$ . Untuk setpoint lambat  $duty\ cycle=62,3\%$  dan  $V_{in}=3,06\ V$ . Hasil ini menunjukkan bahwa kontrol logika *fuzzy* menghasilkan respon sesuai dengan yang direncanakan dan dapat diaplikasikan pada alat penyimpanan tempe menggunakan lampu UV untuk mengatur kecepatan putar motor DC.

**Kata Kunci**—Kontrol logika *fuzzy*, Motor DC, Penyimpanan tempe, Ultraviolet.

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tempe merupakan makanan yang terbuat dari kedelai yang didalamnya terkandung protein, karbohidrat, dan lemak serta vitamin. Seiring dengan meningkatnya konsumsi tempe di masyarakat semakin mendorong berkembangnya industri pengolahan tempe yang banyak bermunculan. Peminat makanan tersebut tidak hanya dari kalangan menengah kebawah, tetapi kalangan menengah keatas juga banyak yang mengkonsumsinya. Industri tempe yang banyak ini secara tidak langsung akan membuat persaingan antar produsen untuk memenuhi kebutuhan para konsumen. Hal inilah yang menjadi alasan para produsen membuat tempe yang berkualitas tetapi tetap bisa menghemat biaya dan waktu.

Semakin banyaknya kebutuhan akan tempe, mendorong perindustrian tempe untuk melakukan pengembangan dalam hal teknologi. Teknologi yang digunakan diharapkan mampu membuat perindustrian tersebut memaksimalkan produksinya dengan memperhatikan biaya dan waktu. Pada dasarnya tempe tidak memiliki waktu simpan yang lama karena terfermentasinya bahan dasar yang membuat mikroorganisme berkembang biak didalamnya. Salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk memperlambat perkembangbiakan mikroorganisme ini yaitu dengan sinar ultraviolet (UV).

Tempe yang segar disimpan dengan menggunakan pancaran radiasi sinar ultraviolet. Radiasi dari sinar ultraviolet digunakan dalam penelitian ini karena memiliki kelebihan antara lain pengoperasian yang mudah. Pada penelitian yang sudah ada, penyinaran tempe dilakukan secara manual. Pada penelitian ini akan digunakan kontrol logika fuzzy untuk mengontrol pemerataan pancaran radiasi sinar UV, karena dari penelitian yang sebelumnya didapatkan adanya kekurangan yaitu kurang rata penyinaran. Diharapkan dengan adanya penyempurnaan dari penelitian sebelumnya didapatkan penyinaran yang lebih merata dan kualitas tempe yang lebih baik.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang suatu sistem kontrol logika fuzzy berbasis mikrokontroler sebagai kontroler otomatis pada penyimpanan tempe dengan pancaran sinar ultraviolet (UV) ?
2. Bagaimana merancang perputaran motor pemutar tempe yang dapat bekerja sesuai sistem ?

## 1.3 Batasan Masalah

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

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler AT89S52.
2. Penyinaran menggunakan lampu UV jenis C dengan panjang gelombang 254 nm dan daya 10 Watt.
3. Perancangan alat penyimpanan tempe dengan pancaran radiasi sinar UV yang terbuat dari kayu dan kaca dimana pergerakan motor untuk pembalik tempe dikontrol selama proses penyinaran.
4. Rangkaian alat tidak dibahas secara detail.
5. Penentuan letak posisi motor dc menyesuaikan pola pancaran sinar UV di dalam ruang penyinaran dan letak pemutar tempe.

## 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari skripsi ini adalah terciptanya alat otomatisasi untuk proses penyimpanan tempe dengan pancaran radiasi sinar UV menggunakan kontrol logika fuzzy berbasis mikrokontroler AT89S52 agar tempe yang dihasilkan memiliki waktu simpan lebih lama.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dan gambaran untuk setiap bab pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

**BAB I PENDAHULUAN**

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, dan sistematika penulisan

**BAB II DASAR TEORI**

Memuat tentang kajian mengenai tempe, lampu ultraviolet, kontrol logika fuzzy, mikrokontroler AT89S52, dan motor dc.

**BAB III METODOLOGI**

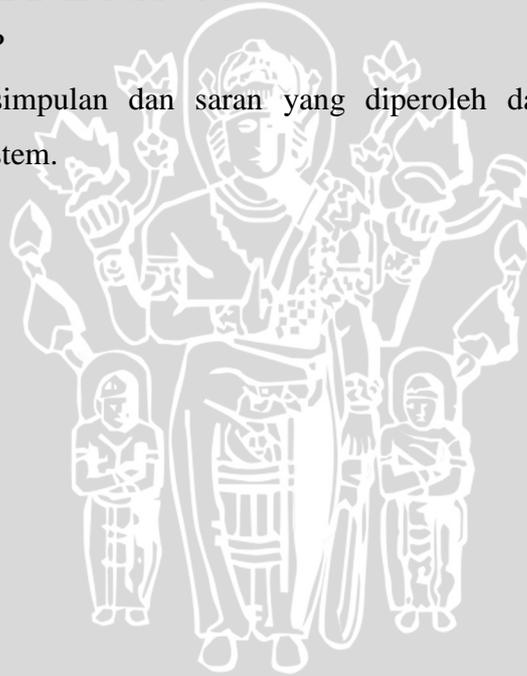
Memuat studi literatur, metode pengambilan data, metode perhitungan dan analisa data, dan metode pengambilan kesimpulan.

**BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL**

Melakukan pengujian dan analisis sistem penyimpanan tempe menggunakan sinar ultraviolet

**BAB V PENUTUP**

Berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari pengujian dan analisis sistem.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tempe

Tempe merupakan makanan tradisional yang sangat populer di Indonesia. Tempe dikonsumsi oleh hampir semua lapisan masyarakat dengan konsumsi 5.2 Kg/kapita pertahun.

Tempe adalah makanan yang dibuat dari kacang kedelai yang difermentasikan. Fermentasi tempe menggunakan kapang *Rhizopus* (ragi tempe). Tempe banyak dikonsumsi di Indonesia namun sekarang telah mendunia. Terutama kaum vegetarian diseluruh dunia banyak yang telah menemukan tempe sebagai makanan pengganti daging. Dengan ini sekarang tempe diproduksi di banyak tempat di dunia, tidak hanya di Indonesia.

Meskipun tempe merupakan sumber gizi yang baik, akan tetapi ada permasalahan utama dalam pemanfaatan tempe sebagai bahan pangan, yaitu tempe termasuk golongan pangan yang gampang rusak. Tempe segar yang baru jadi hanya dapat disimpan selama 1 hari sampai 2 hari pada suhu ruang setelah itu tempe akan mengalami kerusakan. Kerusakan tersebut terutama diakibatkan oleh adanya aktivitas enzim proteolitik yang mendegradasi protein sehingga terbentuk amoniak yang menyebabkan tempe tidak layak lagi dikonsumsi.

### 2.2 Radiasi Sinar Ultraviolet

Radiasi ultraungu (sering disingkat UV, dari [bahasa Inggris: ultraviolet](#)) adalah [radiasi elektromagnetis](#) terhadap [panjang gelombang](#) yang lebih pendek dari daerah dengan sinar tampak, namun lebih panjang dari [sinar-X](#) yang kecil.

Radiasi UV dapat dibagi menjadi hampir UV (panjang gelombang: 380–200 [nm](#)) dan UV vakum (200–10 nm).

**Tabel 2.1** Panjang gelombang energi radiasi

Klasifikasi	Panjang gelombang (Angstrom)
“invisible long”	
radio	Lebih dari 1,000,000
infra merah	8,000-3,000,000

“visible” merah, jingga, kuning hijau, biru, violet	4,000-8,000
“invisible short” ultra violet sinar X sinar alfa, beta, gama	136-4,000 1,000-1,500 Kurang dari 1,000

**Sumber :** Winarno(1980)

Berdasarkan spektrum elektromagnetnya radiasi dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Radiasi panas (*heating radiation*).

Radiasi panas adalah radiasi yang menggunakan sinar dan frekwensi yang rendah atau dengan gelombang panjang misalnya sinar infra merah yang sebagian besar energinya dikeluarkan dalam bentuk panas.

2. Radiasi pengion (*ionizing radiation*).

Radiasi pengion menggunakan sinar dengan frekwensi yang tinggi atau dengan gelombang pendek. Contoh dari radiasi pengion misalnya radiasi sinar ultraviolet, radiasi sinar alfa, beta dan gama.

Sinar UV yang mempengaruhi kehidupan biologik mempunyai panjang gelombang 200-400 nm, dengan pembagian segmen sbb:

1. Segmen UV-A, disebut Gelombang Panjang atau "*blacklight*" panjang gelombang 320-400 nm. Paling banyak mencapai bumi - 100 kali UV-B, tetapi dengan kekuatan lemah - 1:1000 UV-B. Segmen sinar ini masuk ke dalam dermis, menyebabkan kerusakan jaringan dermis sehingga proses penuaan dipercepat, menyebabkan reaksi fotosensitivitas dan bersama UV-B berperan dalam proses keganasan kulit.
2. Segmen UV-B, disebut Gelombang Medium (*Medium Wave*) panjang gelombang 290-320 nm. Merupakan sinar terkuat yang mencapai bumi. Kerusakan kulit yang ditimbulkan berada di bagian bawah epidermis, berupa luka bakar (*sun burn*), kelainan pra-kanker dan keganasan. Lapisan ozon

mengabsorpsi 90% segmen UV-B terutama pada panjang gelombang 290-300 nm.

3. Segmen UV-C, disebut Gelombang Pendek (*Short Wave*) panjang gelombang 200-290 nm. Merupakan sinar terkuat, yang diabsorpsi oleh lapisan ozon sehingga tidak mencapai permukaan bumi. Tetapi dengan adanya kebocoran lapisan ozon saat ini dan penurunannya sebanyak 8% setiap dekade, maka sinar UV-C dapat mencapai bumi dan sangat membahayakan lingkungan.

Panjang gelombang nampak berkisar antara 400 nm sampai 750 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$  atau  $10^{-7} \text{ cm}$ ), namun daerah nampak ini adalah bagian sangat kecil dari seluruh spektrum elektromagnetik. Panjang gelombang yang sedikit lebih pendek dari pada panjang gelombang cahaya nampak, jatuh dalam daerah ultraviolet, sedangkan yang sedikit lebih panjang termasuk dalam daerah infra merah.

Daya antimikrobal terkuat terletak pada panjang gelombang 265 nm, termasuk dalam kisaran ultraviolet yaitu 200-310 nm. Lampu UV mempunyai panjang gelombang 253.7 (dekat dengan 265 nm). Daya penetrasi dari UV sangatlah rendah sehingga bila ada lapisan lemak pada permukaan daya antimikrobal UV akan sangat menurun.

Lampu *germicidal* adalah lampu jenis khusus yang menghasilkan cahaya ultraviolet (UV-C). Cahaya ultraviolet gelombang pendek ini mengionisasikan oksigen untuk menghasilkan ozon dan dapat membunuh mikroba yang bersifat patogen. Lampu *Low-Pressure* hampir sama dengan lampu *fluorescent*, dengan panjang gelombang 253.7 nm. Secara umum lampu *germicidal* hampir sama dengan lampu *fluorescent* biasa tetapi tabung tidak berisi fosfor yang berpijar. Pada gambar 2.1 dapat dilihat bentuk lampu UV-C tampak dalam dan tampak luar.



**Gambar 2.1** Lampu Ultraviolet  
**Sumber :** *Germicidal lamp – Wikipedia*

### 2.2.3 Aplikasi Sinar Ultraviolet

Sinar UV ada yang berpengaruh negatif dan ada pula yang berpengaruh positif terhadap jamur. Radiasi sinar UV dapat membunuh beberapa macam spora jamur tapi dapat menstimulin perkecambahan spora jamur. Ada beberapa jenis jamur dapat berspora hanya apabila ada sinar UV. Mikroba akan inaktif oleh bermacam-macam radiasi, misalnya radiasi sinar ultraviolet atau radiasi pengion. Kelebihan dari penggunaan sinar UV yaitu mampu meningkatkan kadar protein dalam tempe.

Eksperimen genetik dengan menggunakan sinar UV telah banyak dilakukan, dengan eksperimen tersebut telah berhasil ditunjukkan bahwa inti sel jauh lebih peka terhadap intensitas radiasi tertentu yaitu: asam nukleat terutama DNA. Kerusakan sebagian dapat diperbaiki kembali bila intensitas UV yang diberikan pada intensitas rendah. Namun bila penyinaran diberikan pada intensitas tinggi maka persentase sel-sel yang mengalami kerusakan akan meningkat, bahkan akan menyebabkan kerusakan secara keseluruhan.

Diantara jenis sinar yang digunakan untuk menyucihamakan parsial (sinar UV, rontgen, gama) sinar UV lah yang sangat berarti dalam laboratorium. Cahaya dari kebanyakan lampu UV kaya akan sinar dengan panjang gelombang sekitar 260 nm yaitu sinar terpilih untuk diabsorpsi oleh asam-asam nukleat dan kalau pengaruhnya berlangsung lama dapat mengakibatkan pematian bakteri penyinaran

dengan sinar UV cocok untuk suci hama sebagian ruangan dengan perlakuan ini bakteri yang cepat dan spora fungi yang jauh kurang peka terhadap penyinaran memerlukan waktu yang lebih lama untuk dimatikan. Sinar ionisasi digunakan untuk menyucihamakan bahan makanan dan lain-lain.

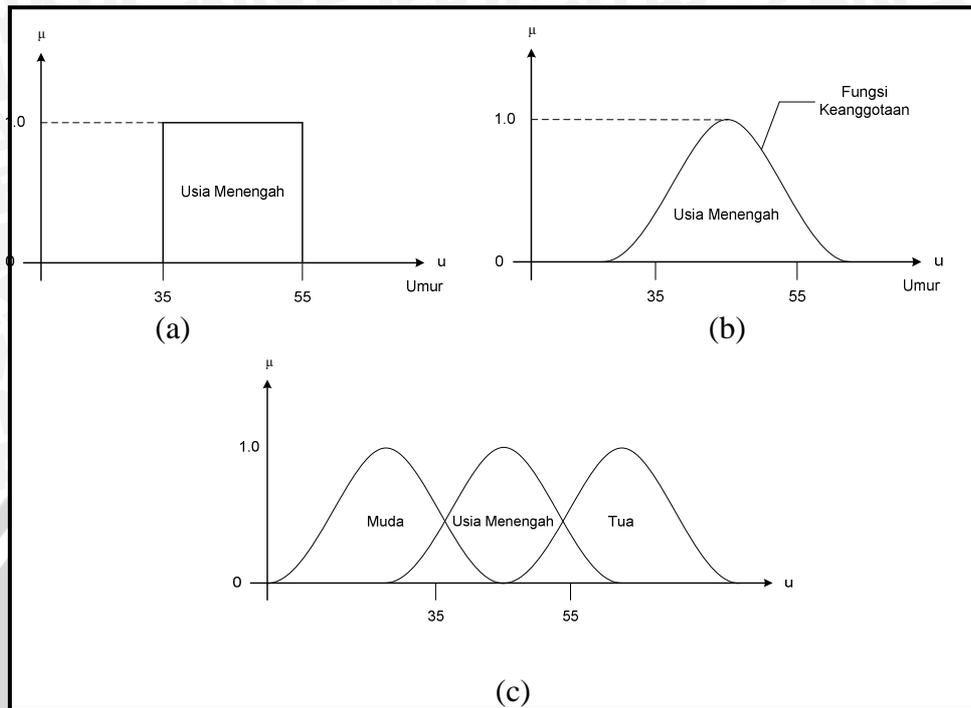
Sterilisasi dengan radiasi merupakan suatu usaha pengawetan bahan makanan yang sama sekali baru, cara ini dapat membawa perubahan radikal dalam metode-metode industri untuk pengolahan makanan. Sinar ultraviolet telah digunakan untuk mengurangi atau menginaktivasi mikroorganisme, terutama kapang yang terdapat dalam udara ruang penyimpanan serta ruang pengemasan perusahaan roti, kue dan daging.

## 2.3 Logika Fuzzy

### 2.3.1 Himpunan Crips 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

Pada himpunan *crisp*, peralihan dari satu fungsi keanggotaan ke fungsi keanggotaan lain terjadi secara mendadak, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2(a), usia 55 dan 56 digolongkan pada kelompok usia yang sangat berbeda. Berbeda dengan himpunan *fuzzy*, peralihan ini tidak terjadi secara mendadak (Gambar 2.2(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.

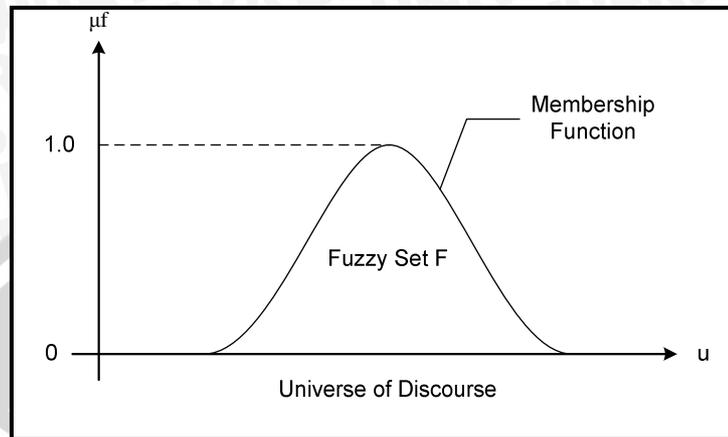
### 2.3.2 Himpunan Fuzzy

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  $\mu_F$  yang mempunyai nilai dalam interval  $[0,1]$ .

$$\mu_F : U \rightarrow [0,1] \quad (2.7)$$

sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2.3 berikut ini.



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

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

$$F = \{(u, \mu_F(u)) | u \in U\} \quad (2.8)$$

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

$$F = \int_u \mu_F(u)/u \quad (2.9)$$

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

$$F = \sum_{i=1}^n \mu_F(u_i)/u_i \quad (2.10)$$

atau

$$F = \mu_F(u_1)/u_1 + \mu_F(u_2)/u_2 + \dots + \mu_F(u_i)/u_i + \dots + \mu_F(u_N)/u_N \quad (2.11)$$

### 2.3.3 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  $\mu_A$  dan  $\mu_B$  maka operasi himpunan *fuzzy* berikut dapat didefinisikan:

- Kesamaan

$$A = B \rightarrow \mu_A(u) = \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.12)$$

- Gabungan

$$A \cup B \rightarrow \mu_{A \cup B}(u) = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \} \quad ,u \in U \quad (2.13)$$

- Perpotongan

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

- Komplemen

$$A = \bar{B} \rightarrow \mu_A(u) = \mu_B(u) = 1 - \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.15)$$

- Normalisasi

$$\text{NORM}(A) \rightarrow \mu_{\text{NORM}(A)}(u) = \mu_A(u) / \max(\mu_A(u)) \quad ,u \in U \quad (2.16)$$

- Konsentrasi

$$\text{CON}(A) \rightarrow \mu_{\text{CON}(A)}(u) = (\mu_A(u))^2 \quad ,u \in U \quad (2.17)$$

- Dilasi

$$\text{DIL}(A) \rightarrow \mu_{\text{DIL}(A)}(u) = (\mu_A(u))^{0.5} \quad ,u \in U \quad (2.18)$$

- Intensifikasi

$$\text{INT}(A) \rightarrow \mu_{\text{INT}(A)}(u) = \begin{cases} 2(\mu_A(u))^2, & 0 \leq \mu_A(u) \leq 0,5 \\ 1 - 2(1 - \mu_A(u))^2, & 0,5 \leq \mu_A(u) \leq 1 \end{cases} \quad (2.19)$$

- Perkalian aljabar

$$A \cdot B \rightarrow \mu_{A \cdot B}(u) = \mu_A(u) \cdot \mu_B(u) \quad ,u \in U \quad (2.20)$$

- Penjumlahan terbatas

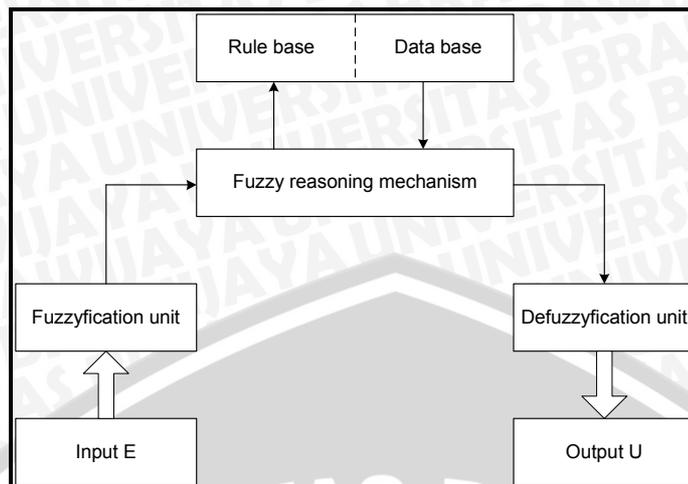
$$A \oplus B \rightarrow \mu_{A \oplus B}(u) = \min \{ 1, \mu_A(u) + \mu_B(u) \} \quad ,u \in U \quad (2.21)$$

- Perkalian drastis

$$A \otimes B \rightarrow \mu_{A \otimes B}(u) = \begin{cases} \mu_A(u), \mu_B(u) = 1 \\ \mu_B(u), \mu_A(u) = 1 \\ 0, \mu_A(u), \mu_B(u) < 1 \end{cases} \quad ,u \in U \quad (2.22)$$

### 2.3.4 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 Kontrol Logik *Fuzzy* diperlihatkan dalam Gambar 2.4 berikut ini:



**Gambar 2.4** Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy

**Sumber:** Yan, 1994

Variabel sistem ada dua jenis utama, variabel masukan (E) yang diukur dari proses yang dikontrol dan variabel keluaran (U) yang digunakan oleh Kontrol Logika *Fuzzy* 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 Kontrol Logika *Fuzzy* adalah sebuah unit fuzzyfikasi, unit penyimpulan *fuzzy*, basis pengetahuan dan unit defuzzyfikasi. Nilai aktual 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 Kontrol Logika *Fuzzy*.

Basis pengetahuan terdiri dari dua jenis informasi utama, yaitu:

- Basis data yang mendefinisikan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* yang digunakan sebagai nilai untuk masing-masing variabel sistem.
- 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.

### 2.3.5 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

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2.23)$$

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.

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

### 2.3.6 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*.

### 2.3.7 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  $\alpha_1$ . untuk masukan  $x_0$  dan  $y_0$ , *fire strength*  $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$  dari basis aturan dapat ditunjukkan oleh:

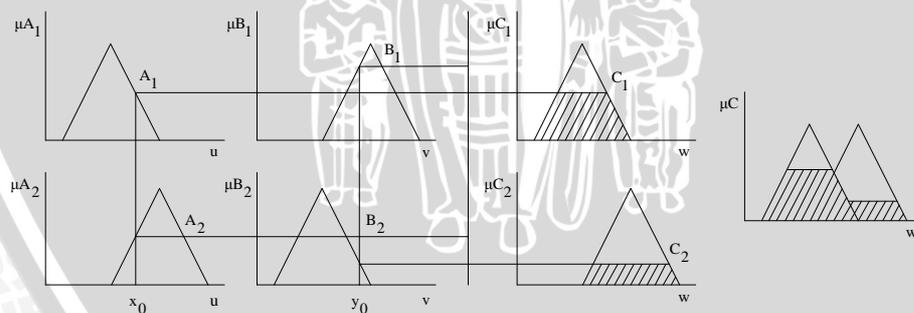
$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2.24)$$

$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2.25)$$

Kontribusi kontrol untuk masing-masing aturan kontrol dihitung berdasarkan pada *fire strength*  $\alpha$  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  $\mu_C(w) = (\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(w)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(w))$      (2.26)

Proses penyimpulan *MAX-MIN* untuk nilai masukan *crisp*  $x_0$  dan  $y_0$  yang telah dianggap sebagai *fuzzy singleton* diperlihatkan dalam Gambar 2.5 berikut:



**Gambar 2.5** Penyimpulan *Fuzzy MAX-MIN* dengan Masukan *Crisp*

**Sumber:** Yan, 1994

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*.

### 2.3.8 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:

$$y_0 = \text{defuzzyfier}(y) \quad (2.27)$$

$y$  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*).

$$U = \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.28)$$

dengan:

$U$  = Keluaran

$w_i$  = Bobot nilai benar  $w_i$

$u_i$  = Nilai linguistik pada fungsi keanggotaan keluaran

$n$  = Banyak derajat keanggotaan

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.

### 2.4 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler adalah *microprocessor* yang dirancang khusus untuk aplikasi kontrol, dan dilengkapi dengan ROM, RAM dan fasilitas I/O pada satu chip. AT89S52 adalah salah satu anggota dari keluarga MCS-51/52 yang dilengkapi dengan internal 8 Kbyte *Flash PEROM* (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), yang memungkinkan memori program untuk dapat

diprogram kembali. AT89S52 dirancang oleh Atmel sesuai dengan instruksi standar dan susunan pin 80C51.

Adapun kelebihan dari mikrontroller adalah sebagai berikut:

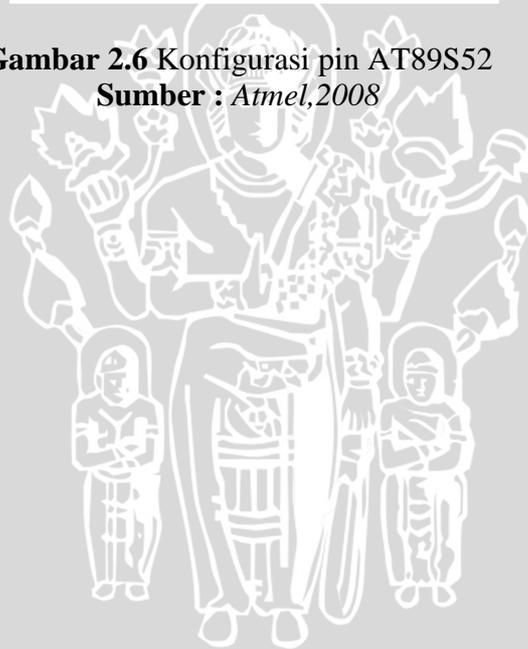
1. Penggerak pada mikrontroller menggunakan bahasa pemrograman *assembly* dengan berpatokan pada kaidah digital dasar sehingga pengoperasian sistem menjadi sangat mudah dikerjakan sesuai dengan logika sistem (bahasa *assembly* ini mudah dimengerti karena menggunakan aplikasi dimana parameter *input* dan *output* langsung bisa diakses tanpa menggunakan banyak perintah). Desain bahasa *assembly* ini tidak menggunakan begitu banyak syarat penulisan bahasa pemrograman seperti huruf besar dan huruf kecil untuk bahasa *assembly* tetap diwajibkan.
2. Mikrokontroler tersusun dalam satu chip dimana prosesor, memori, dan I/O terintegrasi menjadi satu kesatuan kontrol system sehingga mikrokontroler dapat dikatakan sebagai computer mini yang dapat bekerja secara inovatif sesuai dengan kebutuhan sistem.
3. Sistem *running* bersifat berdiri sendiri tanpa tergantung dengan komputer sedangkan parameter komputer hanya digunakan untuk *download* perintah instruksi atau program. Langkah-langkah untuk *download* komputer dengan mikrokontroler sangat mudah digunakan karena tidak menggunakan banyak perintah.
4. Pada mikrokontroler tersedia fasilitas tambahan untuk pengembangan memori dan I/O yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.
5. Harga untuk memperoleh alat ini lebih murah dan mudah didapat.

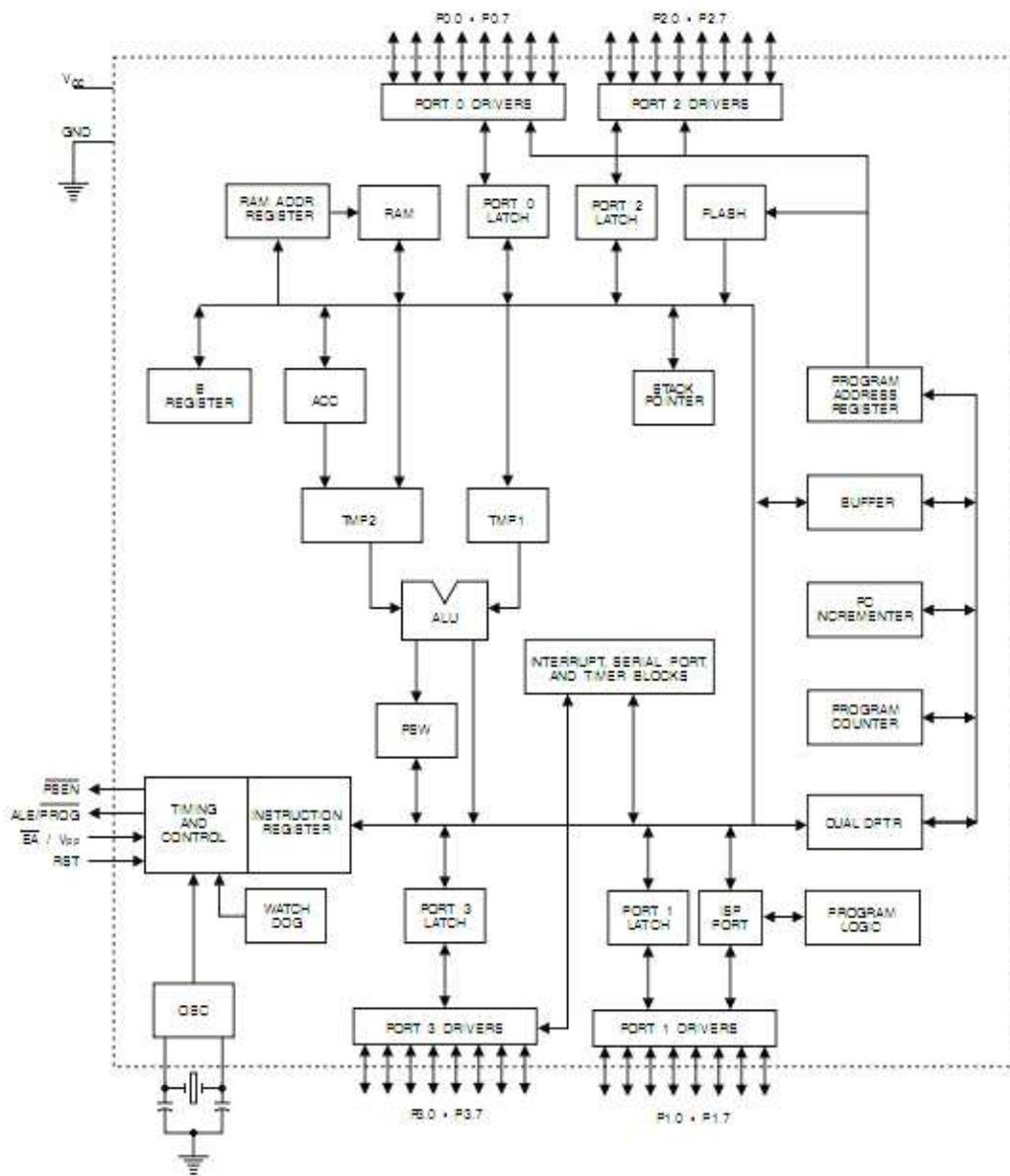
#### 7.4.1 Konfigurasi AT89S52

Mikrokontroler keluarga MCS 51 memiliki port-port yang lebih banyak (40 port I/O) dengan fungsi yang bisa saling menggantikan sehingga mikrokontroler jenis ini menjadi sangat digemari karena hanya dalam sebuah chip sudah bisa mengkafer untuk banyak kebutuhan. Konfigurasi dan deskripsi kaki-kaki mikrokomputer AT89S52 ditunjukkan pada Gambar 2.6 dan 2.7.

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	$\overline{EA}/VPP$
(TXD) P3.1	11	30	ALE/ $\overline{PROG}$
( $\overline{INT0}$ ) P3.2	12	29	PSEN
( $\overline{INT1}$ ) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
( $\overline{WR}$ ) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
( $\overline{RD}$ ) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

**Gambar 2.6** Konfigurasi pin AT89S52  
**Sumber :** *Atmel, 2008*





Gambar 2.7 Diagram blok AT89S52

Sumber : Atmel,2008

### 2.5 Motor DC

Motor DC merupakan jenis motor yang menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dengan memberikan beda tegangan pada kedua terminal tersebut, motor akan berputar pada satu arah, dan bila polaritas dari tegangan tersebut dibalik maka arah putaran motor akan terbalik pula. Polaritas dari tegangan yang diberikan pada dua terminal menentukan arah putaran motor

sedangkan besar dari beda tegangan pada kedua terminal menentukan kecepatan motor.

Motor DC yang memiliki tiga komponen utama:

#### 1. Kutub medan

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

#### 2. Dinamo

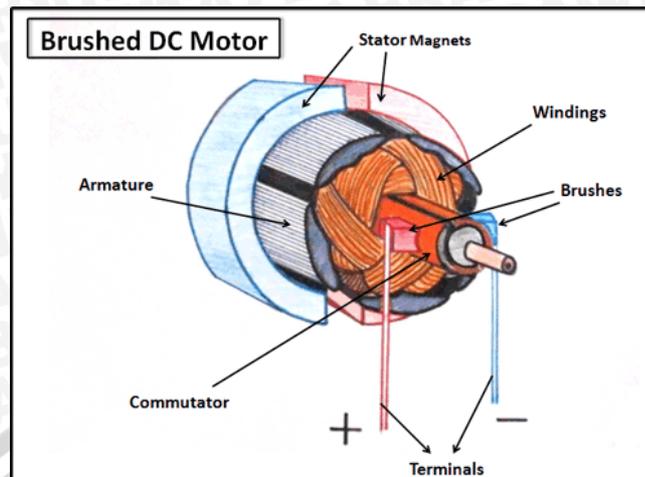
Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.

#### 3. Kommutator

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arah arus listrik dalam dinamo. Kommutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya. Keuntungan utama motor DC adalah kecepatannya mudah dikendalikan dan tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor DC ini dapat dikendalikan dengan mengatur:

- Tegangan dinamo – meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan.
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Bentuk bagian pada motor DC dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Motor DC

Sumber : <http://lang8088.blogspot.com/2011/05/komponen-motor-dc.html>

Juli 2012

## 2.6 LCD (Liquid Crystal Display)

Untuk menampilkan menu dari suatu peralatan elektronika seperti catu daya *switching* misalnya tentang berapa tegangan keluaran yang diinginkan, maka diperlukan suatu tampilan. Salah satunya adalah LCD yang sering digunakan.

*Liquid crystal display* (LCD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan suatu karakter baik itu angka, huruf ataupun karakter tertentu sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara *visual*. Pemakaian LCD sebagai indikator tampilan banyak digunakan disebabkan daya yang dibutuhkan relatif kecil (orde microwatt), selain itu dapat juga menampilkan angka, huruf, symbol dan karakter tertentu. Meskipun pada komponen dibatasi oleh sumber cahaya eksternal/internal, suhu, dan *lifetime*.

LCD terdiri dari tumpukan tipis atau sel dari dua lembar kaca dengan pinggiran tertutup rapat. Antara dua lembar kaca tersebut diberi bahan kristal cair yang tembus cahaya. Permukaan luar masing-masing keping kaca mempunyai lapisan tembus cahaya seperti oksida timah (*tin oxide*) atau oksida indium (*indium oxide*). Sel mempunyai ketebalan  $1 \times 10^{-5}$  meter dan diisi dengan kristal cair.

LCD yang digunakan bertipe M1632. Spesifikasi dari LCD tersebut adalah sebagai berikut :

1. Menampilkan 16 karakter pada tiap baris TN LCD dengan 5x7 dot matrik.
2. Pembangkit karakter ROM untuk 192 jenis karakter.
3. 80x8 bit data RAM.

4. Tegangan catu 5 volt dan temperature operasi 0 ° – 50 °C.
5. Otomatis reset pada saat dihidupkan.

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul LCD berupa bus data yang masih termultipleks dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, R/W dan E. Sementara pengendali dot matrix LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang pada modul LCD. Bentuk LCD m1632 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9** LCD m1632

**Sumber :** *Sigit, 2009*

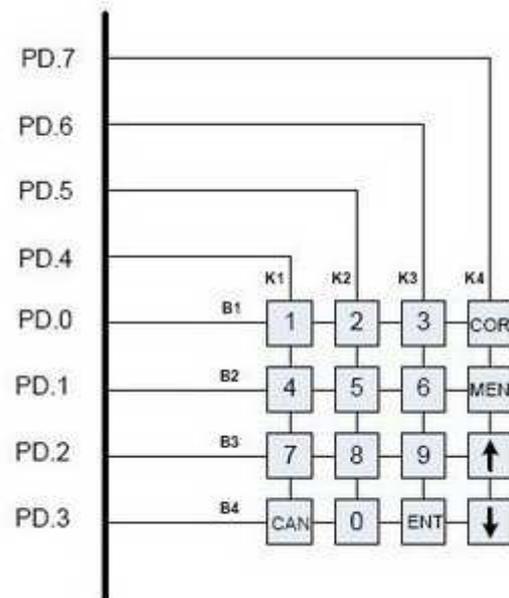
### **2.7 Sensor Suhu LM35**

LM35 merupakan sensor suhu terintegrasi yang mempunyai tegangan keluaran yang linier. LM35 tidak membutuhkan kalibrasi eksternal yang menyediakan akurasi  $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$  pada temperatur ruangan dan  $\pm \frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$  pada kisaran  $-55^{\circ}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ . Sensor LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada  $-55^{\circ}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ . Sensor LM35 umumnya akan naik sebesar 10 mV setiap kenaikan  $1^{\circ}\text{C}$  (300 m pada  $30^{\circ}\text{C}$ ). LM35 mempunyai impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linier dan kalibrasi yang tepat sehingga mudah dihubungkan dengan rangkaian lain.

Adapun fitur yang ada pada LM35 adalah sebagai berikut :

- a. Kalibrasi dalam derajat celcius.
- b. Faktor skala linear adalah 10 mV/  $^{\circ}\text{C}$ .
- c. Jangkauan suhu  $-55^{\circ}$  hingga  $+150^{\circ}\text{C}$ .
- d. Tegangan operasi dari 4V sampai 30V.
- e. Impedansi keluaran kecil sebesar  $0,1 \Omega$  untuk arus beban 1mA.





**Gambar 2.11** Keypad 4x4

**Sumber :** <http://microcontroller.circuitlab.org/2011/01/control-interfacing-keypad-to.html>, 2011

## 2.9 Brushless DC Fan

*Brushless DC Fan* biasanya tersedia pada tiga tegangan normal: 12V, 24V dan 48V. Jika sistem telah diatur pada salah satu tegangan tersebut, maka *brushless DC fan* dapat dipilih dan akan memberikan kinerja tepat yang dibutuhkan, terlepas dari variabel *input* AC. Karena kecepatan dan aliran udara dari kipas DC adalah proporsional terhadap tegangan masukan, *brushless DC fan* rata-rata memiliki putaran yang cepat namun memiliki torsi yang sangat kecil sehingga ketika terjadi gaya yang tidak terlalu besar dan berlawanan arah terhadap arah putaran fan akan dengan mudah menghentikan gerak dari baling-baling kipas.

Rentang tegangan yang dapat digunakan pada *brushless DC fan* untuk memastikan kinerja yang baik tergantung pada desain catu tegangan masukan fan, rentang tersebut diantara tegangan 10-14V untuk catu tegangan 12V, serta rentang tegangan 12-56V untuk catu 48V. Bentuk dari *brushless DC fan* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12** Brushless DC fan

**Sumber :** [http://www.ezcfn.com/dc\\_fan/fp\\_108d\\_dc.html](http://www.ezcfn.com/dc_fan/fp_108d_dc.html),2000

### 2.10 Relay

Relay adalah sebuah alat elektronik yang dapat mengubah kontak-kontak saklar sewaktu alat ini menerima sinyal listrik. Sebuah relay terdiri dari satu kumparan dan inti, yang mana bila dialiri arus kumparan tersebut akan menjadi magnet dan menutup atau membuka kontak-kontak. Kontak-kontaknya ada dua macam, yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). NC adalah kontak relay yang terhubung saat belum ada arus.

Sewaktu ada arus yang melewati kumparan relay, inti besi lunak akan dimagnetisasi dan menarik kontak sehingga kontak yang open kini terhubung. Keuntungan dari relay ini adalah dapat menghubungkan daya yang besar dengan member daya yang kecil pada kumparannya.

Relay adalah alat elektromagnetik yang dapat membangkitkan tegangan mundur, oleh karena itu sebuah diode harus dipasang dalam rangkaian untuk melindungi transistor yang ada. Relay dapat dilihat pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13** Relay

**Sumber :** Meriwardana,2011

## 2.11 Potensiometer

Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan dapat disetel. Jika hanya dua terminal yang digunakan (salah satu terminal tetap dan terminal geser), potensiometer berperan sebagai resistor variabel atau Rheostat. Potensiometer biasanya digunakan untuk mengendalikan peranti elektronik seperti pengendali suara pada penguat. Potensiometer yang dioperasikan oleh suatu mekanisme dapat digunakan sebagai transduser, misalnya sebagai sensor *joystick*.

1. Elemen resistif
2. Badan
3. Penyapu (*wiper*)
4. Sumbu
5. Sambungan tetap #1
6. Sambungan penyapu
7. Cincin
8. Baut
9. Sambungan tetap

Potensiometer jarang digunakan untuk mengendalikan daya tinggi (lebih dari 1 Watt) secara langsung. Potensiometer digunakan untuk menyetel taraf isyarat analog (misalnya pengendali suara pada peranti audio), dan sebagai pengendali masukan untuk sirkuit elektronik. Sebagai contoh, sebuah peredup lampu menggunakan potensiometer untuk menendalikan pensakelaran sebuah TRIAC, jadi secara tidak langsung mengendalikan kecerahan lampu.

Potensiometer yang digunakan sebagai pengendali volume kadang-kadang dilengkapi dengan sakelar yang terintegrasi, sehingga potensiometer membuka sakelar saat penyapu berada pada posisi terendah. Potensiometer dapat dilihat pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14** Potensiometer

Sumber : *Wikipedia*



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan pembuatan mesin penyimpanan tempe dengan pancaran sinar ultraviolet yang dikendalikan oleh mikrokontroler dalam pengendalian perputaran tempe.

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

1. Studi Literatur
2. Perancangan Sistem Pengontrolan
3. Perancangan dan Pembuatan Alat
4. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak
5. Pembuatan Keseluruhan Sistem
6. Pengujian dan Analisis Sistem
7. Pengambilan Kesimpulan

### 3.1 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mempelajari teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat. Beberapa teori-teori yang perlu dipelajari adalah sebagai berikut:

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah:

1. Proses penyimpanan tempe menggunakan lampu UV.
2. Mikrokontroler AT89S52
3. Motor DC
4. Teori mengenai Kontrol Logika *Fuzzy*

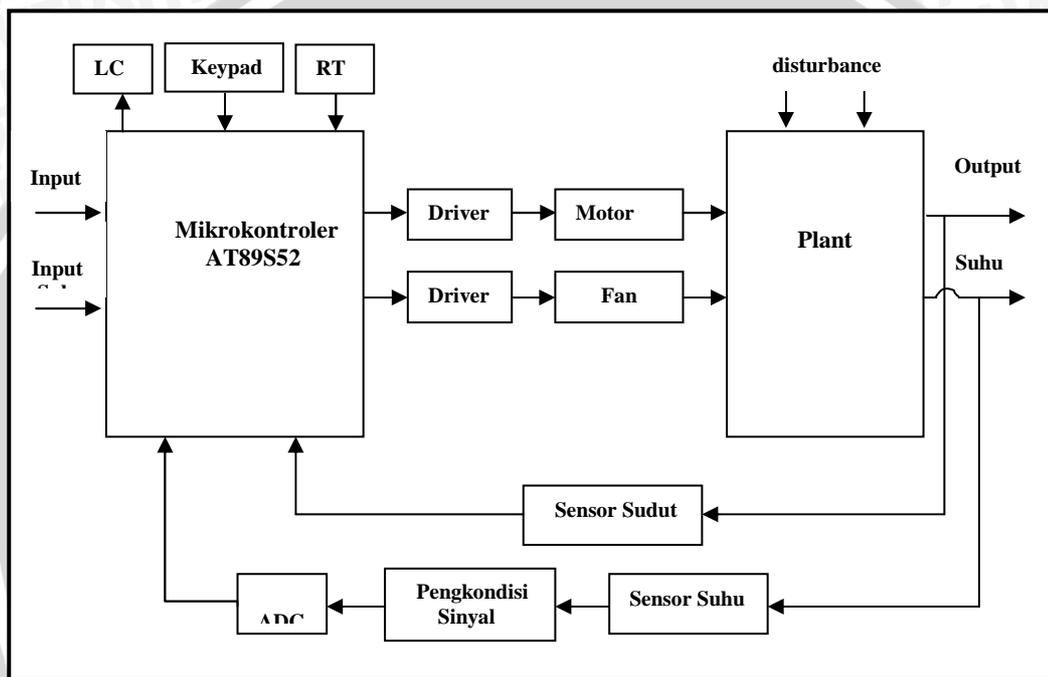
### 3.2 Perencanaan Sistem Pengontrolan

Perencanaan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian radiasi pada mesin penyimpan tempe tersebut dapat berjalan sesuai dengan yang deskripsi awal yang telah direncanakan.

Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

1. Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi:
  - a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
  - b. Mikrokontroler dan rangkaian elektronik pendukung.
2. Penentuan rangkaian yang digunakan.
3. Perancangan program mikrokontroler

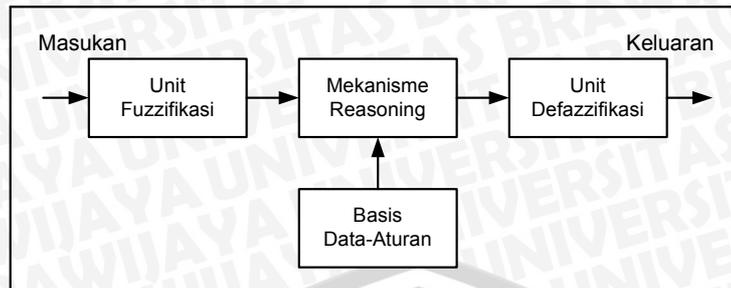
### 3.2.1 Blok Diagram Sistem



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

Keterangan Blok Diagram Sistem :

1. Mikrokontroler AT89S52 sebagai pemroses keseluruhan sistem berbasis logika fuzzy.
2. Motor dc sebagai penggerak untuk pembalik tempe sesuai kecepatan yang ditentukan.
3. Potensiometer berfungsi sebagai *feedback* bagi sistem, dimana sudut referensi dari potensiometer akan masuk ke mikrokontroler.



**Gambar 3.2** Pengendali Kontrol Logika Fuzzy

4. Unit fuzzifikasi berfungsi untuk proses pemetaan masukan-masukan yang diamati ke himpunan *fuzzy* dalam himpunan semesta masukan yang bervariasi.
5. Unit basis data-aturan 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. Basis aturan terdiri dari aturan-aturan kontrol *fuzzy* yang menyatakan hubungan pengontrolan, yang ditunjukkan untuk mencapai sarana pengontrolan.
6. Unit mekanisme reasoning berfungsi untuk proses pengevaluasian basis pengetahuan untuk masukan-masukan terfuzzyfikasi yang akan menghasilkan aksi kontrol *fuzzy*.
7. Unit *defuzzifikasi* berfungsi untuk proses pemetaan dari suatu aksi kontrol *fuzzy* tersimpul ke suatu aksi kontrol *non fuzzy (crisp)*.

### 3.2.2 Prinsip Kerja

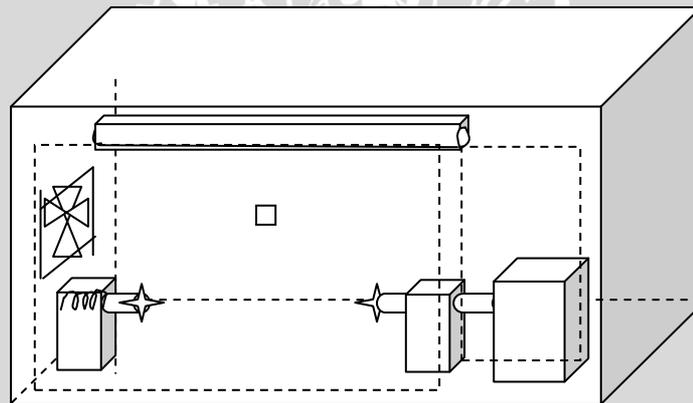
Pada keadaan awal (keadaan kosong), motor tidak berputar dan berada dalam posisi  $0^\circ$ , posisi penampang tempe menyesuaikan dengan putaran motor. Sedangkan saat tempe sudah dimasukkan, motor akan berputar dan posisi motor berubah dari  $0^\circ$  sampai  $360^\circ$  dan lampu UV menyala. Di dalam kotak juga terdapat sensor suhu yang akan mendeteksi keadaan didalam kotak penyimpan, dimana kipas akan menyala jika sensor suhu mendeteksi dibawah suhu yang sudah ditentukan. Fungsi dari kipas tersebut adalah agar suhu didalam kotak sejuk dan kering, sehingga dapat membantu menghambat pertumbuhan kapang pada tempe. Untuk memaksimalkan pemerataan sinar UV pada permukaan tempe, pengontrolan kecepatan putaran motor harus disesuaikan dengan luas penampang

tempe dengan ketentuan pada bagian yang berpenampang lebih luas putaran akan diperlambat, sedangkan untuk bagian tempe yang berpenampang lebih sempit putaran motor akan dipercepat. Untuk lamanya penyinaran dapat ditentukan sesuai kebutuhan. Saat penyimpanan tempe dirasa sudah cukup, alat dapat dimatikan dengan menekan tombol *off*, maka motor akan berhenti berputar dan lampu UV mati.

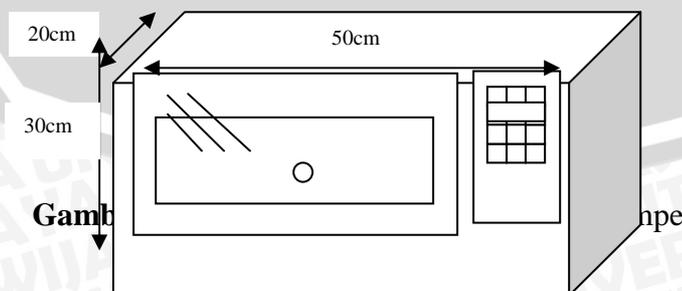
### 3.3 Perancangan dan Pembuatan Alat

Pembuatan *prototype* mesin penyimpanan tempe secara keseluruhan meliputi penempatan mikrokontroler AT89S52, lampu ultraviolet C, penampang tempe, dan potensiometer. Pengisian program yang telah dirancang sebelumnya pada mikrokontroler.

#### 3.3.1 Rancangan Mesin Penyimpanan Tempe



**Gambar 3.3** Skema Bagian dalam Alat Penyimpanan Tempe



Keterangan :

1. Ukuran kotak : 50cm x 20cm x 30cm.
2. Ukuran ruang penyimpanan : 37cm x 20 cm x 30cm.

3. Ukuran kaca : 27cm x 12,5cm.
4. Ukuran pembuka kotak : 30,5cm x 30cm.
5. Letak lampu ultraviolet yaitu dibagian atas ruang penyimpanan.
6. Penampang tempe diletakkan pada bagian tengah ruang penyimpanan.

### **3.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak**

Program yang akan dibuat adalah program mengontrol putaran penampang tempe agar penyinaran pada tempe merata, sehingga dihasilkan tempe yang memiliki daya simpan yang lebih lama.

### **3.5 Pengujian Sistem dan Analisis**

Pengujian dilakukan untuk menganalisis alat yang dibuat telah memberikan hasil sesuai dengan yang direncanakan atau tidak.

### **3.6 Pengambilan Kesimpulan dan Saran**

Tahap berikutnya adalah pengambilan kesimpulan dari peralatan yang dibuat. Pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada kesesuaian antara perancangan dengan hasil pengujian. Tahap terakhir adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta menyempurnakan penulisan.

## BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai spesifikasi alat, perancangan perangkat keras dari alat penyimpanan tempe menggunakan sinar UV yang meliputi blok diagram, cara kerja sistem, *flowchart* atau diagram alir kerja sistem dan gambar rancangan alat. Selain perancangan perangkat keras akan dijelaskan juga mengenai perancangan perangkat lunak.

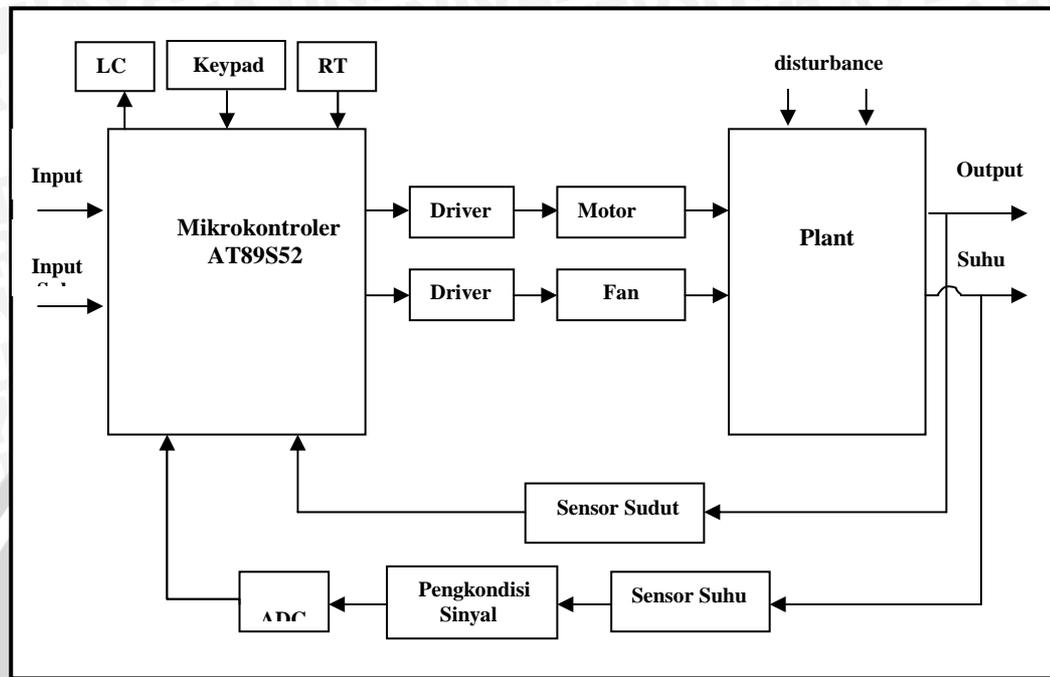
Perancangan alat ini akan dilakukan secara bertahap, yaitu secara blok. Sehingga akan memudahkan pembahasan dan analisa dalam setiap blok maupun secara keseluruhan sistem.

Perancangan pengontrolan kecepatan motor dan suhu udara dalam alat penyimpanan tempe menggunakan sinar UV dirancang dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Mengkondisikan suhu didalam alat pada kisaran 31 °C.
2. Menggunakan Mikrokontroler AT89S52 sebagai pengontrol utama.
3. Menggunakan LCD tipe M1632 (16 kolom x 2 baris) sebagai penampil informasi yang dikontrol oleh mikrokontroler.
4. Menggunakan ADC PCF8591 sebagai converter masukan sinyal analog dari pengkondisi sinyal menjadi sinyal digital sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler.
5. Menggunakan sensor suhu LM35.
6. Menggunakan keypad 4x4 untuk memasukkan *setpoint* dan lama waktu untuk penyimpanan tempe.
7. Menggunakan rangkaian *driver* sebagai penggerak motor DC yang berfungsi sebagai pemutar tempe.
8. Menggunakan RTC DS1307 sebagai penghitung waktu lamanya penyimpanan tempe.
9. Menggunakan *fan* 12V DC agar suhu didalam alat dapat dijaga pada kisaran yang sudah ditentukan.

#### 4.1.1 Blok Diagram Alat

Diagram blok alat penyimpanan tempe ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Diagram Blok Sistem  
**Sumber :** Perancangan

#### 4.1.2 Prinsip Kerja Alat

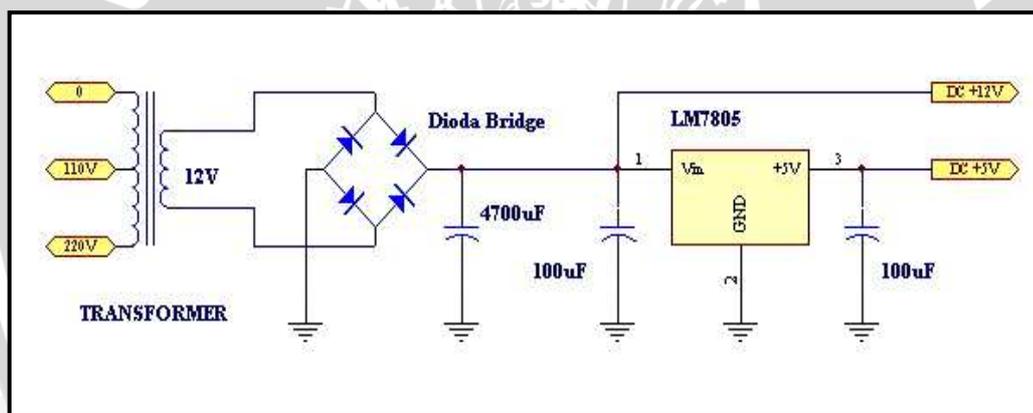
Untuk lebih memudahkan dalam perencanaan, maka perlu dideskripsikan secara menyeluruh tentang prinsip kerja sistem. Saat sistem diaktifkan maka sensor suhu akan mendeteksi nilai suhu didalam alat, apabila nilai suhu yang didapat di atas  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$  maka *fan* akan menyala begitu juga sebaliknya jika sensor suhu sudah mendeteksi  $31\text{ }^{\circ}\text{C}$ , maka *fan* akan berhenti. Seketika itu juga motor akan mulai memutar tempe yang sedang disinari oleh lampu UV dengan kecepatan yang berbeda-beda sesuai luas permukaan tempe, yang mana saat permukaan tempe lebih luas (pada sudut  $0^{\circ}$ -  $90^{\circ}$ ) kecepatan motor akan diperlambat, sedangkan untuk permukaan tempe yang sempit (pada sudut  $90^{\circ}$ -  $180^{\circ}$ ) kecepatan motor akan dipercepat. Setelah itu waktu untuk penyimpanan dapat diatur melalui keypad dan ditampilkan pada LCD. Pada saat waktu yang diinginkan untuk penyimpanan berakhir maka sistem akan berhenti.

## 4.2 Perancangan Perangkat Keras

Mengacu pada blok diagram perancangan alat, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian motor DC, rangkaian relay, rangkaian sensor suhu LM35, rangkaian pengkondisi sinyal, rangkaian ADC PCF 8591, rangkaian mikrokontroler, rangkaian RTC DS1307, rangkaian keypad 4x4 dan rangkaian LCD M1632.

### 4.2.1 Rangkaian Catu Daya Sistem

Pada perancangan catu daya atau *power supply*, catu daya yang dibutuhkan untuk perangkat elektronika yang dirancang adalah 5 volt dan 12 volt. Rangkaian catu daya sistem dapat dilihat pada Gambar 4.2.



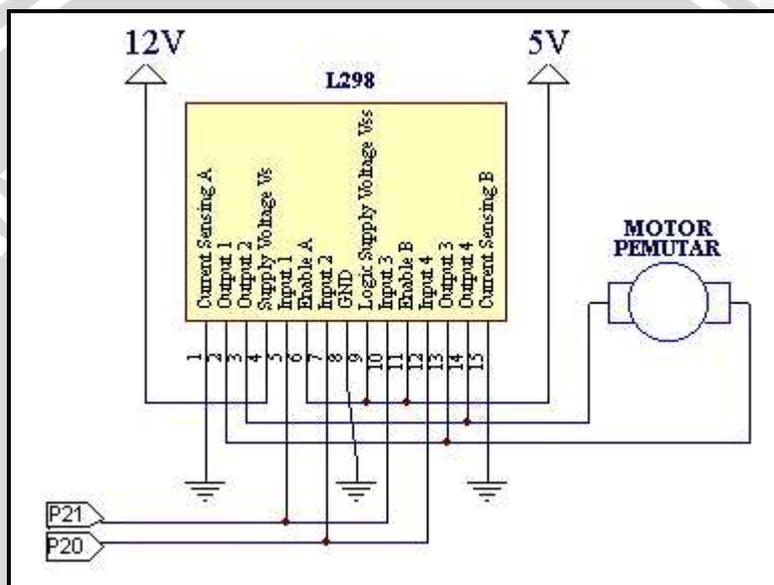
**Gambar 4.2** Rangkaian Catu Daya Sistem  
**Sumber :** Perancangan

*Power Supply* merupakan pemberi sumber daya bagi perangkat elektronika. Perangkat elektronika dicatu oleh *power supply* arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar membutuhkan sumber catu daya yang besar pula. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC.

#### 4.2.2 Driver Motor

Rangkaian driver motor DC ini digunakan untuk menggerakkan pemutar tempe agar penyinaran UV pada tempe bisa merata yang bertujuan menghambat pertumbuhan jamur pada tempe.

Perancangan untuk *driver* motor yang menggerakkan pemutar tempe dapat dilihat pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Driver Motor DC Pemutar Tempe  
**Sumber :** Perancangan

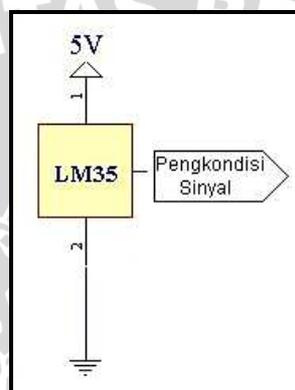
Pada *driver* motor DC *input* 1 dan 3 dihubungkan pada mikrokontroler pin 21. Sedangkan untuk *input* 2 dan 4 dihubungkan pada pin 20.

##### 4.2.2.1 Motor DC

Penggunaan motor DC dalam perancangan alat ini lebih menguntungkan karena bila dibandingkan dengan motor jenis lain, motor DC lebih mudah diatur kecepatannya dalam rentang yang lebar dan karakteristik putaran yang baik. Pemutaran tempe secara otomatis dengan bantuan motor DC agar didapatkan pemerataan penyinaran sinar UV pada sudut-sudut yang sudah ditentukan.

#### 4.2.3 Rangkaian Sensor Suhu LM35

Pada perencanaan alat ini menggunakan sensor suhu LM35, yang mana sensor ini memiliki keluaran yang linier. Tegangan keluaran LM35 cukup kecil oleh karena itu dibutuhkan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan, sehingga apabila terjadi perubahan suhu maka perubahan tegangan keluaran pada sensor masih dapat diamati dalam skala yang cukup besar. Rangkaian perencanaan sensor suhu LM35 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Rangkaian Sensor Suhu LM35  
**Sumber :** Perancangan

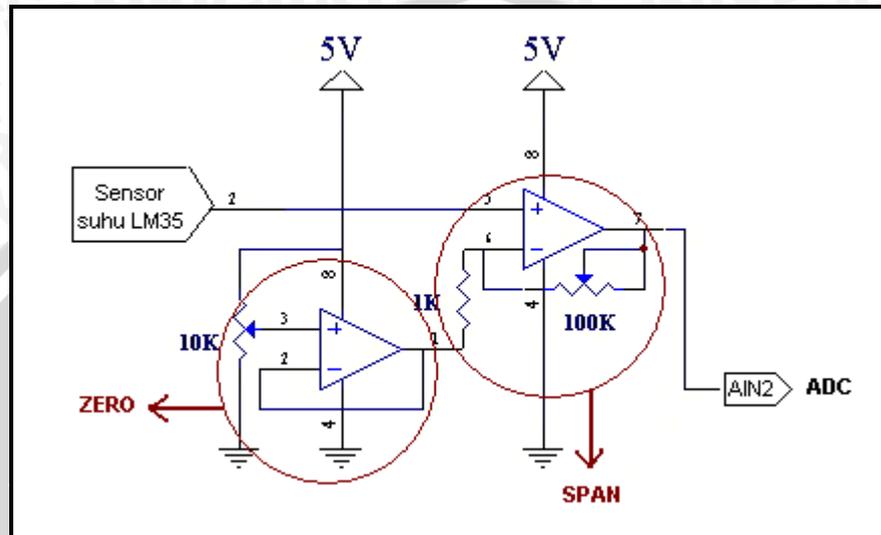
Sensor suhu LM35 dihubungkan pada pengkondisi sinyal lalu diteruskan ke ADC PCF 8591 pada AIN 2.

#### 4.2.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Untuk menaikkan resolusi pembacaan data suhu, maka *output* dari sensor diumpankan ke suatu rangkaian penguat *non inverting* dengan menggunakan *Op-Amp*. Hal ini dilakukan karena *output* yang dihasilkan oleh sensor masih sangat kecil, oleh karena itu dibutuhkan rangkaian untuk memperkuat *output* dari sensor tersebut.

Rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu LM35 yang dirancang pada sistem ini terbagi menjadi dua macam rangkaian *Op-Amp* yang kemudian digunakan istilah sebagai rangkaian *zero* dan *span*. Rangkaian *zero* berfungsi sebagai *virtual input* bagi rangkaian *span*, yang mana nilai tegangan keluaran pada rangkaian *zero* tersebut diatur sehingga sama dengan nilai tegangan untuk

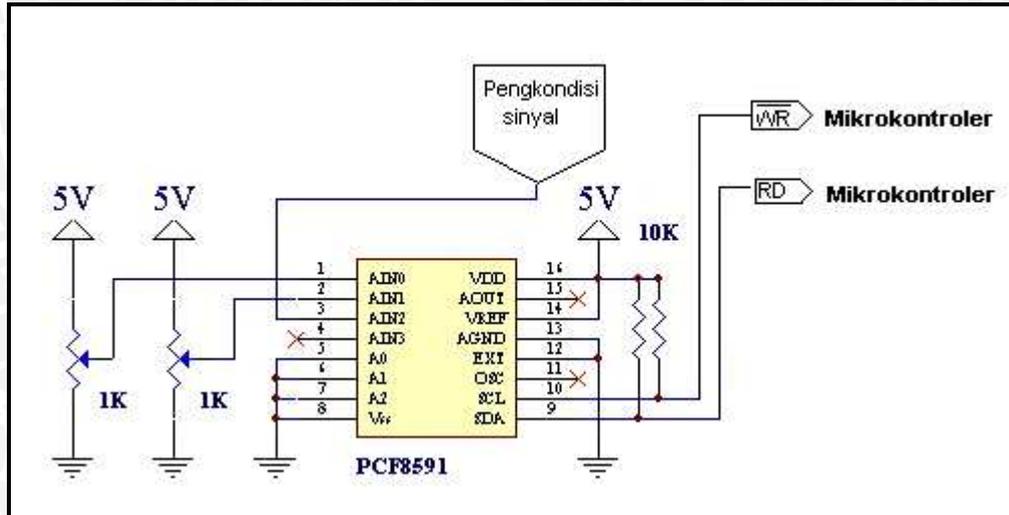
menyatakan batas bawah kondisi suhu pada range kerja untuk pengendalian suhu. Rangkaian *span* merupakan rangkaian penguat selisih tegangan (penguat *differensial*) yang berfungsi untuk menguatkan sinyal-sinyal tegangan yang nilainya kecil. Untuk penjelasan yang lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Rangkaian Penguat *Non-Inverting*  
Sumber : Perancangan

#### 4.2.5 Rangkaian ADC PCF 8591

Tegangan keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal berupa tegangan analog . Nilai tegangan tersebut harus diubah menjadi data digital 8 bit menggunakan converter analog ke digital. Dalam perancangan ini digunakan converter analog ke digital dengan 4 masukan analog yang multipleks menjadi data digital 4 bit. ADC dihubungkan dengan mikrokontroler melalui port SCL (ADC) ke port  $\overline{WR}$  (mikrokontroler) dan port SDA (ADC) ke port  $\overline{RD}$  (mikrokontroler). Rangkaian ADC PCF 8591 dapat dilihat pada Gambar 4.6.

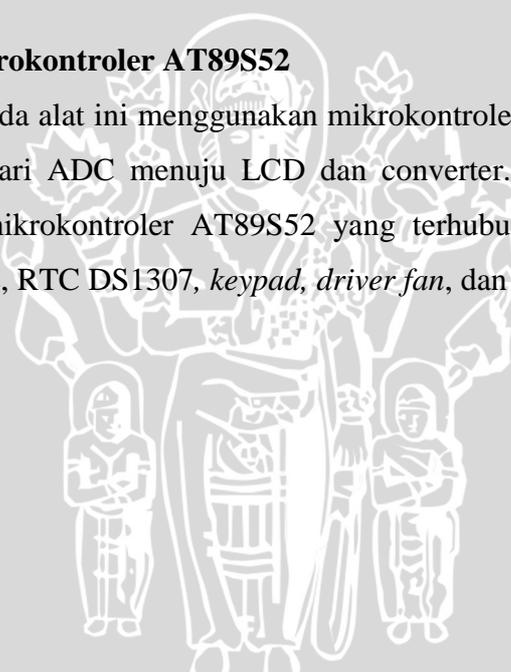


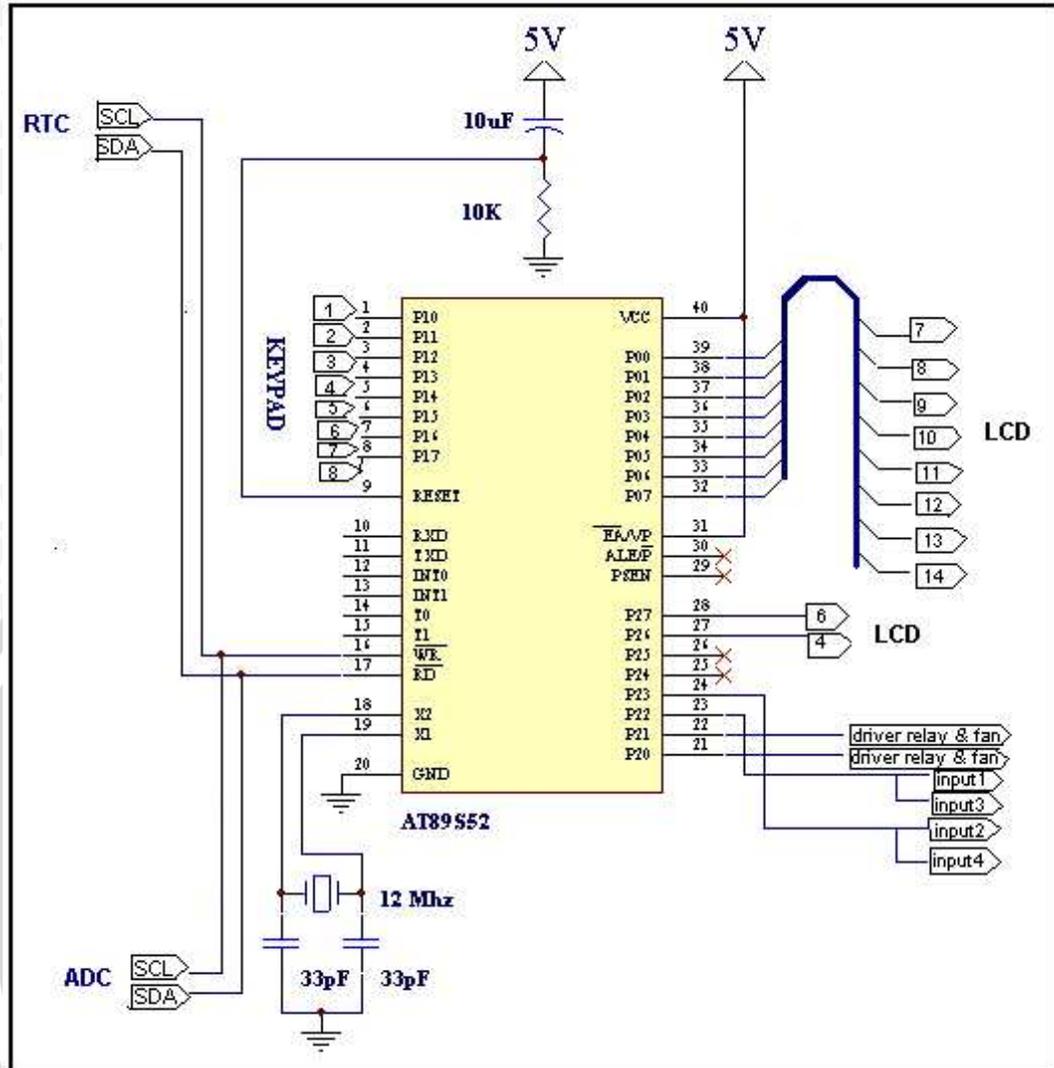
**Gambar 4.6** Rangkaian ADC PCF 8591

Sumber : Perancangan

#### 4.2.6 Rangkaian Mikrokontroler AT89S52

Perancangan pada alat ini menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pengatur aliran data dari ADC menuju LCD dan converter. Pada Gambar 4.7 ditunjukkan pin-pin mikrokontroler AT89S52 yang terhubung ke serial ADC PCF8591, LCD M1632, RTC DS1307, *keypad*, *driver fan*, dan *driver motor DC*.





**Gambar 4.7** Rangkaian Mikrokontroler AT89S52  
**Sumber :** Perancangan

Kaki-kaki atau *port* mikrokontroler dihubungkan dalam rangkaian-rangkaian eksternal agar sebuah mikrokontroler bisa bekerja sebagai pengontrol. Pada perancangan ini *port* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Port 0

Port 0 merupakan port yang terletak pada pin 32-39, dalam perancangannya P0.0-0.7 digunakan sebagai masukan pada LCD M1632.

2. Port 1

Port 1 digunakan sebagai port I/O dan menempati pin 1-8, pada perancangan ini P1.0-1.7 digunakan sebagai saluran keypad.

3. Port 2

Port 2 digunakan sebagai port I/O dan menempati pin 21-28, pada perancangan ini memiliki fungsi sebagai berikut :

- a. P2.0-P2.1 sebagai masukan *driver fan*.
- b. P2.2-P2.3 sebagai masukan *driver motor*.
- c. P2.6-P2.7 sebagai masukan LCD.

#### 4. Port 4

Port 4 menempati pin 10-17, pada perancangannya memiliki fungsi sebagai masukan untuk RTC DS1307 dan ADC PCF8591.

#### 5. XTAL1 dan XTAL2

XTAL1 dan XTAL2 digunakan sebagai masukan dari rangkaian osilator Kristal. Rangkaian osilator Kristal terdiri dari Kristal osilator 12 Mhz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, yang mana akan membangkitkan pulsa *clock* yang menjadi penggerak bagi seluruh operasi internal mikrokontroler.

#### 6. VCC

VCC dihubungkan dengan tegangan sebesar +5V sesuai dengan tegangan operasi *chip* tunggal yang diijinkan dalam *datasheet*.

#### 7. Reset

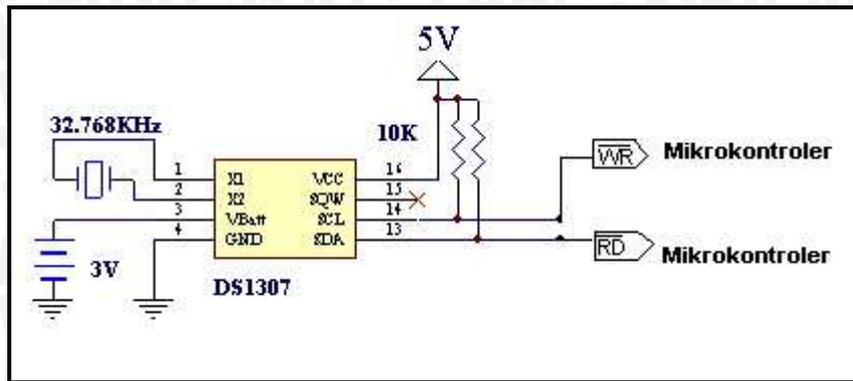
Reset digunakan untuk mengatur ulang program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

#### 8. GND

GND dihubungkan pada *ground* catu daya.

### 4.2.7 Rangkaian RTC DS1307

RTC atau *Real Time Clock* merupakan suatu IC (*Integrated Circuit*) yang digunakan sebagai pencatat waktu dari keseluruhan waktu. IC ini sudah dilengkapi dengan baterai, maka apabila terjadi pemutusan *power supply*, data dari waktu yang telah dicatat tidak akan hilang dan IC akan tetap mencatat penambahan waktu. Rangkaian RTC DS1307 dapat dilihat pada Gambar 4.8.



**Gambar 4.8** Rangkaian RTC

Sumber : Perancangan

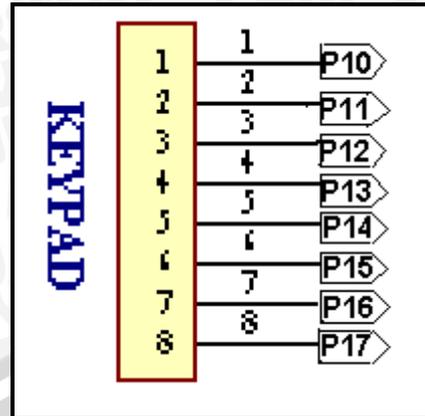
Pin X1 dan X2 dihubungkan dengan sebuah kristal yang bernilai 32,768 KHz. Pin Vbat dihubungkan dengan baterai cadangan sebesar 3V. Pin GND dihubungkan pada *ground*, sedangkan pin Vcc dihubungkan dengan *power supply* sebesar +5V. Pin SCL dan SDA dihubungkan dengan mikrokontroler AT89S52.

#### 4.2.8 Rangkaian Keypad 4x4

Pemakaian *keypad* pada perancangan ini dimaksudkan untuk memberikan masukan. *Scanning keypad* dilakukan oleh mikrokontroler AT89S52 yang diharuskan mampu menentukan posisi dari tombol yang ditekan. Setelah posisi *keypad* yang aktif dapat ditemukan maka data tersebut diolah menjadi data tombol yang ditekan.

*Keypad* yang digunakan dalam perancangan ini adalah *keypad* matriks 4x4 (4 baris dan 4 kolom). Berisikan angka 0 sampai 9 dan 6 tombol yang tersisa dimanfaatkan untuk CAN, COR, ENT, MEN, UP dan DOWN. Untuk mengenali bagian kolom dan baris yang aktif maka *keypad* dihubungkan dengan minimum sistem AT89S52. Selanjutnya membuat program yang dapat mengenali tombol yang sedang ditekan. Program yang dibuat harus mampu mengenali setiap tombol yang ditekan sesuai perencanaan.

Rangkaian *keypad* matriks 4x4 dapat dilihat pada Gambar 4.9.

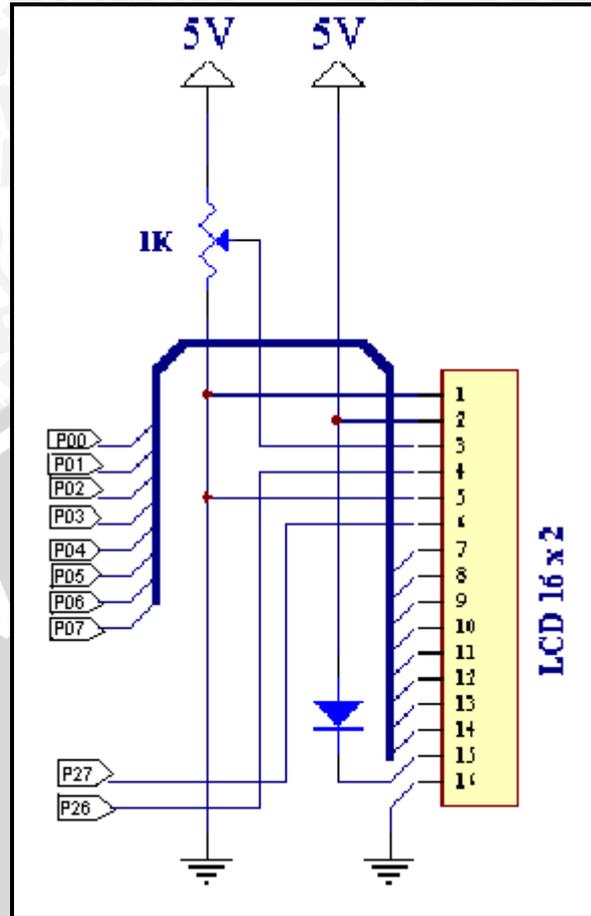


**Gambar 4.9** Rangkaian Keypad 4x4  
**Sumber :** Perancangan

Apabila terjadi penekanan tombol keypad maka port keypad dihubungkan pada port mikrokontroler pada pin port P1.0-P1.7 dan rangkaian minimum sistem akan memilih dan menampilkan informasi yang berasal dari keypad ke LCD.

#### 4.2.9 Rangkaian LCD M1632

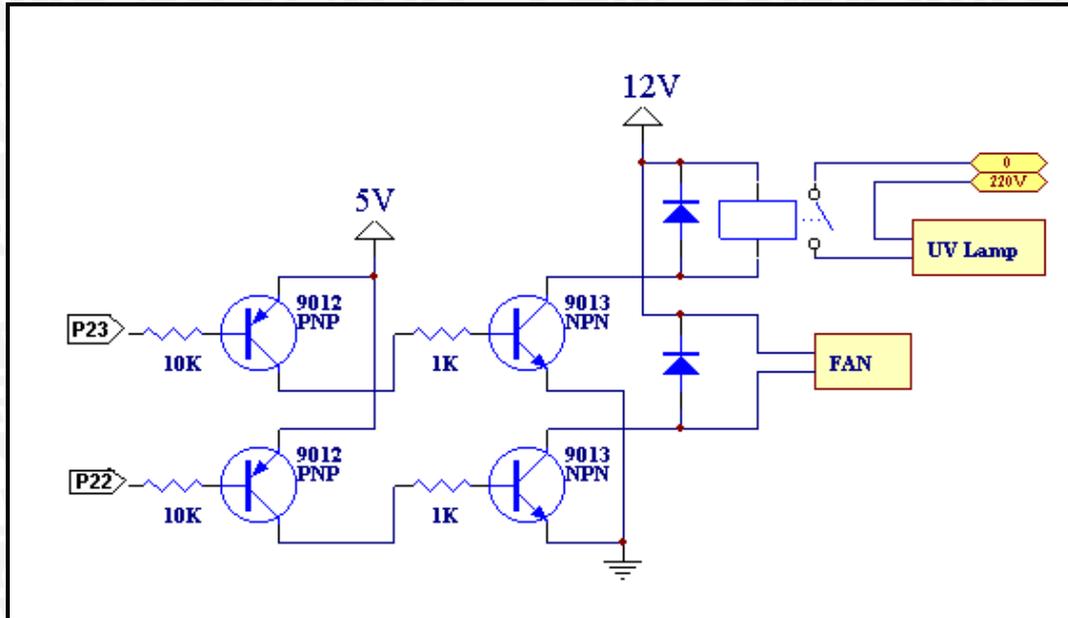
LCD yang digunakan pada perancangan ini adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). Bus data LCD (D0-D7) terhubung dengan port 0 mikrokontroler (P0.0-P0.7). Pin R/W dihubungkan dengan ground, karena LCD dioperasikan hanya menerima data. RS dihubungkan dengan pin 2.6 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (enable) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 2.7. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 k $\Omega$ . Rangkaian LCD dapat dilihat pada Gambar 4.10.



**Gambar 4.10** Rangkaian LCD  
**Sumber :** Perancangan

#### 4.2.10 Rangkaian Driver Relay

*Driver relay* pada perancangan ini digunakan sebagai penyambung arus dari mikrokontroler ke rangkaian lainnya, di dalam *driver relay* ini terdapat beberapa komponen diantaranya lampu UV dan *fan*. Rangkaian *driver relay* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Rangkaian *Driver Relay*  
**Sumber :** *Perancangan*

Pada Gambar 4.11 diperlihatkan gambar rangkaian driver relay. Pensaklaran *supply* motor dilakukan oleh relay yang dikendalikan oleh transistor. Transistor-transistor yang digunakan dari jenis 9012 PNP dan 9013 NPN, dengan  $\beta$  sebesar 60.

Relay dihubungkan pada mikrokontroler port 2..2 pada pin 23 dan port 2.3 pada pin 24. Rumusnya adalah sebagai berikut :

Untuk transistor (9012 PNP)

Arus dari mikrokontroler yang merupakan arus  $I_b$  bagi transistor kedua ketika kondisi *high* adalah 0,5 mA. Bila  $h_{fe}$  dari transistor yang digunakan ditentukan sebesar 60 maka besar  $R_b$  untuk transistor 9012.

$$R_b = \frac{V - V_{BE(sat)}}{I_b} \dots\dots\dots 4.1$$

$$R_b = \frac{5 - 0,7}{0,5} = 8,6 \text{ k}\Omega$$

Nilai hambatan  $R_b$  adalah  $8,6 \text{ k}\Omega \approx 10 \text{ k}\Omega$  dengan menggunakan hambatan dengan nilai  $10 \text{ k}\Omega$  maka arus  $I_b$  dari transistor adalah :

$$R_{b1} = 10 \text{ k}\Omega$$

$$R_{b2} = 1 \text{ k}\Omega$$

Transistor 1 PNP 9012 ( $h_{fe} = 60$ )



Transistor 2 NPN 9013 (hfe – 60)

$V_{BE}$  (saturasi) = 60 (datasheet)

$$I_{b1} = \frac{V - V_{BE}(saturasi)}{R_{b1}} \dots\dots\dots 4.2$$

$$= \frac{5 - 0,7}{10 \text{ k}\Omega}$$

$$= 0,43 \text{ mA}$$

Sedangkan besarnya  $I_c$  adalah

$$I_{c1} = I_{b1} \times h_{fe} \dots\dots\dots 4.3$$

$$= 0,43 \times 60$$

$$= 25,8 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = \frac{V - V_{BE}(saturasi)}{R_{b2}} \dots\dots\dots 4.4$$

$$= \frac{5 - 0,7}{1 \text{ k}\Omega}$$

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

Sedangkan besarnya  $I_c$  adalah

$$I_{c2} = I_{b2} \times h_{fe} \dots\dots\dots 4.5$$

$$= 4,3 \times 60$$

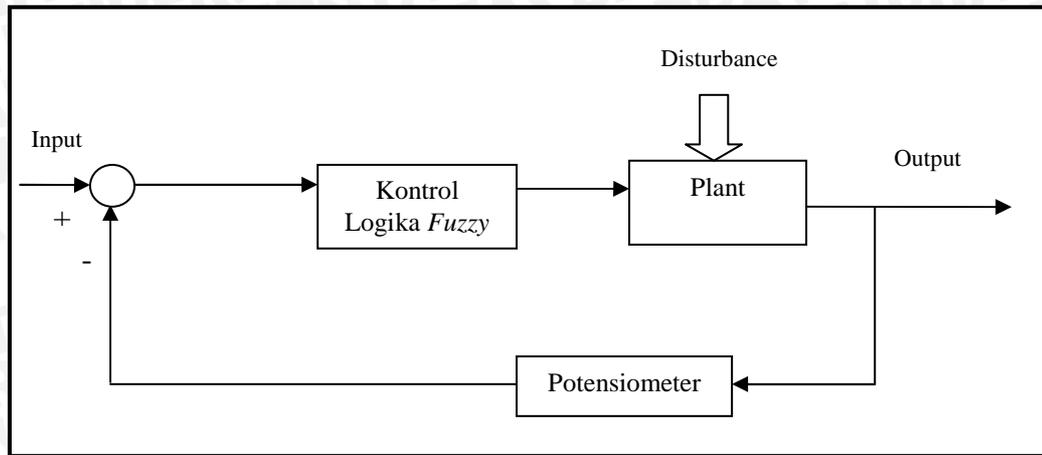
$$= 258 \text{ mA}$$

Dengan  $I_c$  sebesar 258 mA dan hfe sebesar 60 maka pada pembuatan digunakan transistor tipe 9012. Transistor ini memiliki hfe sebesar 60 dan arus maksimal pada  $I_c$  mencapai 800 mA sehingga dengan arus  $I_c = 25,8 \text{ mA}$ , transistor 9012 dianggap memenuhi syarat untuk menguatkan arus dari mikrokontroler.

### 4.3 Perancangan Kontrol Logika Fuzzy

Blok diagram perancangan kontrol logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 4.12 .





**Gambar 4.12** Diagram Blok Pengontrolan Sudut Putaran Motor  
**Sumber :** Perancangan

### 4.3.1 Variabel Masukan dan Keluaran

Sistem kontrol logika *fuzzy* yang dikembangkan dalam penelitian ini mempunyai dua *crisp input* yaitu *error* sudut dan *delta error* sudut serta satu *crisp output* yaitu PWM. *Error* dan  $\Delta error$ , didefinisikan dengan perumusan sebagai berikut:

$$Error = SP - PV \dots\dots\dots 4.6$$

*SP* = *Set point* (Sudut yang diinginkan)

*PV* = *Present Value* pada waktu = sudut (Nilai aktual)

$$\Delta Error = Error(n) - Error(n-1) \dots\dots\dots 4.7$$

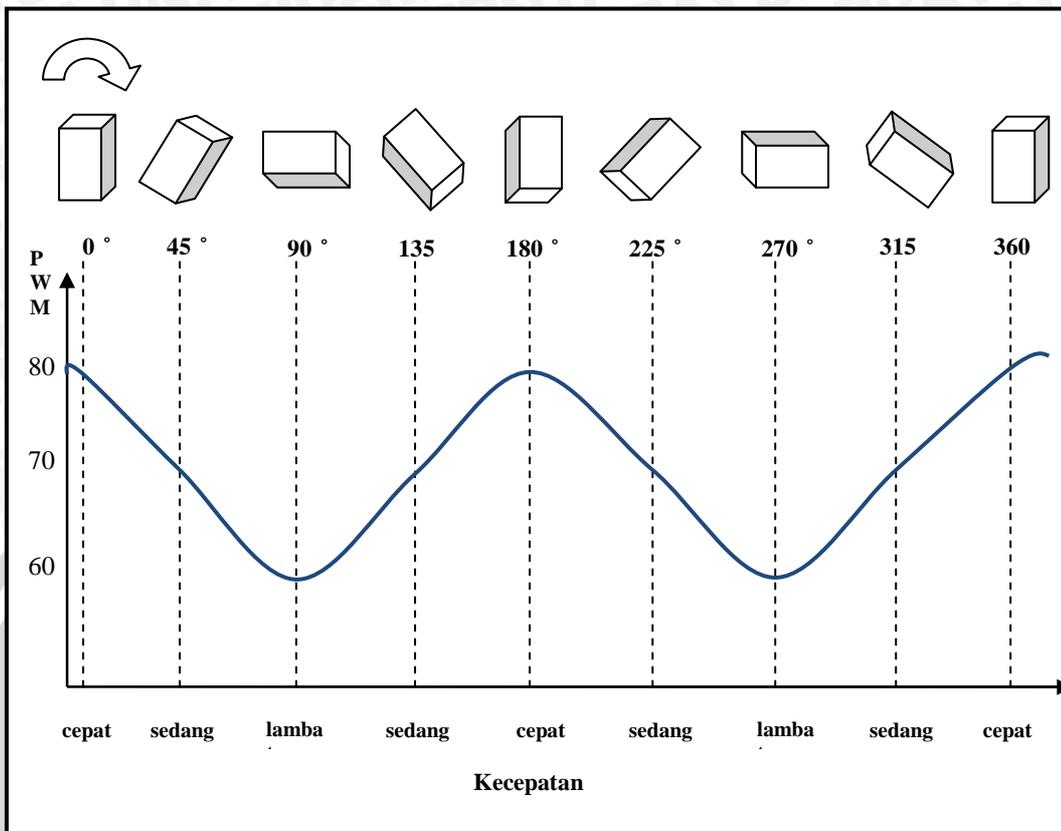
*Error*(*n*) = *Error* pada waktu = *n*

*Error*(*n-1*) = *Error* pada waktu = *n-1*

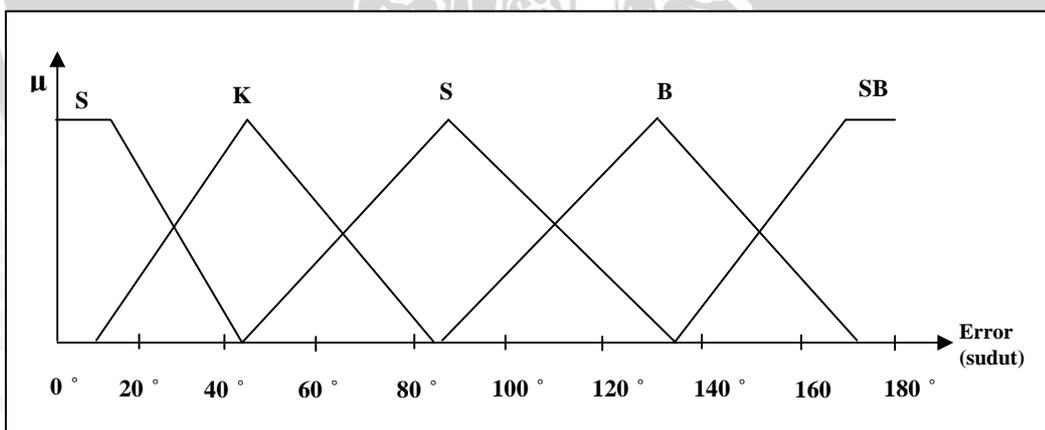
### 4.3.2 Fungsi Keanggotaan Masukan

Fungsi keanggotaan masukan *error* kecepatan dan *delta error* kecepatan terdiri atas lima label yaitu SK (Sangat Kecil), K (Kecil), S (Sedang), B (Besarnya), SB (Sangat Besar). Pengaturan posisi tempe dapat dilihat pada Gambar 4.13.

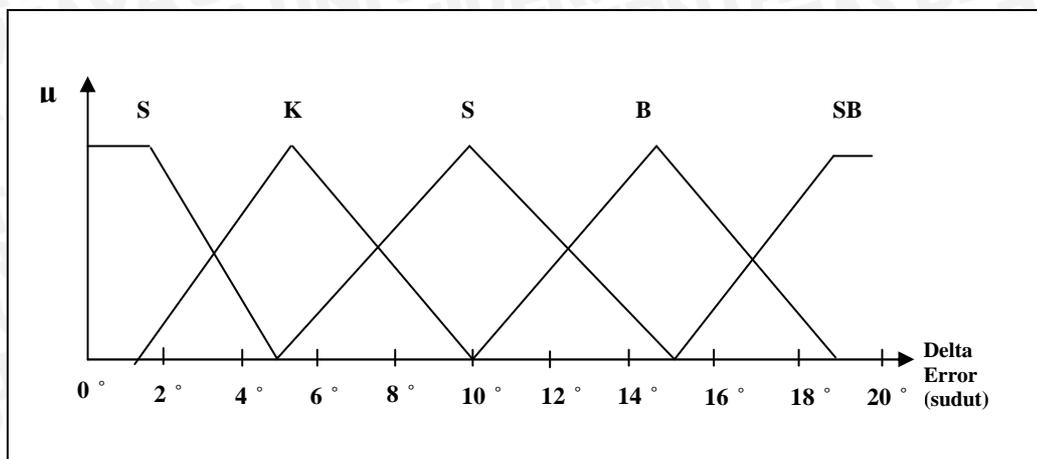




Gambar 4.13 Pengaturan Posisi Tempe  
Sumber : Perancangan

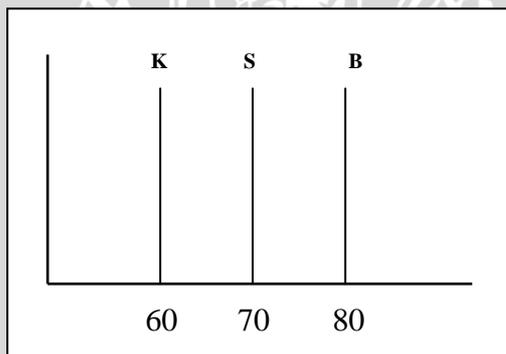


Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Masukan Error  
Sumber : Perancangan



**Gambar 4.15** Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error

Sumber : Perancangan

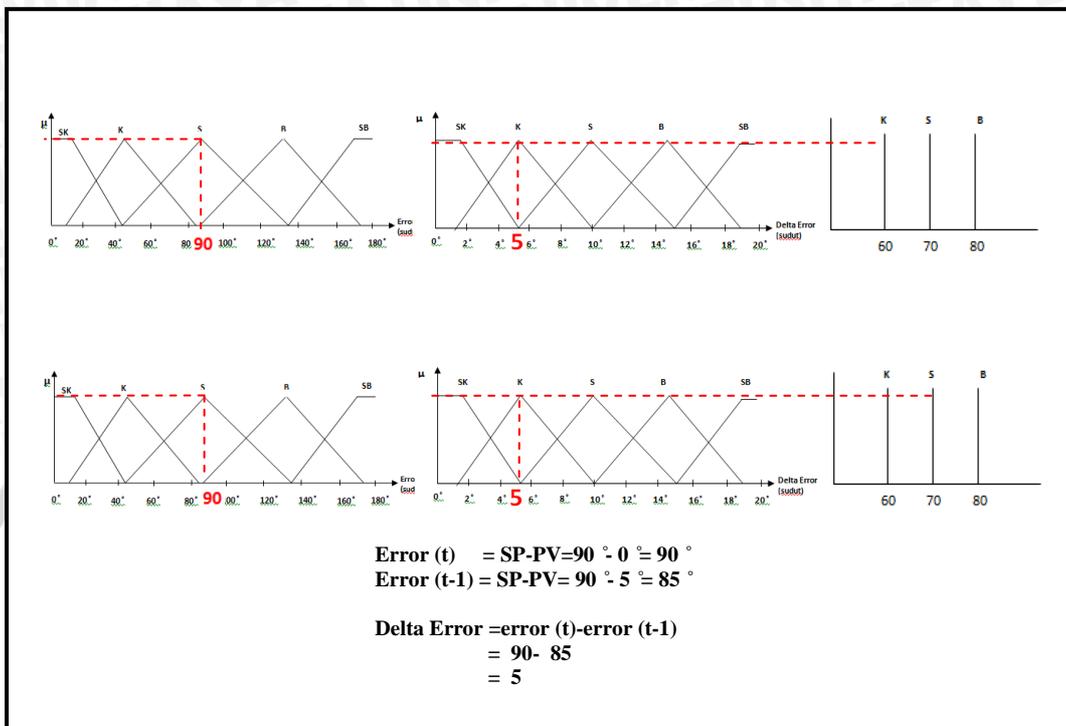


**Gambar 4.16** Output Single Tone

Sumber : Perancangan

### 4.3.3 Metode Inferensi Max-Min

Untuk mengetahui metode ini pada sistem, dimisalkan visualisasi proses pengolahan masukan ketika potensiometer mendeteksi sudut 0 °, kemudian data *set point* sebesar 90°, misalkan  $Error_{(t-1)}$  sebesar 90, maka dengan metode Max-Min ditetapkan ditunjukkan dalam Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Proses Inferensi Max-Min

Sumber : Perancangan

### 4.3.4 Perancangan Aturan Fuzzy

Untuk perancangan aturan Fuzzy terdapat tiga nilai kecepatan yaitu K (Kecil), S (Sedang), B (Besar). Aturan Fuzzy dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Aturan Fuzzy

	Error				
	SK	K	S	B	SB
SK	K	K	S	S	B
K	K	S	S	B	S
S	S	S	B	S	S
B	S	B	S	S	K
SB	B	S	S	K	K

### 4.3.5 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah keluaran *fuzzy* menjadi keluaran *crisp*. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya kecepatan pada masing-masing motor DC. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah COG(*Center of Gravity*), dengan himpunan *fuzzy* keluaran *singleton*.

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{i=1}^n w_i u_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \\
 &= \frac{1 \times K + 0 \times S}{1 + 0} \\
 &= \frac{1 \times 60 + 0 \times 70}{1 + 0} \\
 &= 60
 \end{aligned}$$

Jadi, pada saat pemutar tempe bergerak, didapatkan data pada sudut  $0^\circ$  yang menandakan *present value* (PV) dan dibandingkan terhadap *set point* (SP) sebesar  $90^\circ$ , sehingga dari selisih SP dan PV ini diperoleh nilai *Error* ( $E_{(t)}$ ) sebesar  $90^\circ$ . Kemudian nilai *Error* aktual ( $E_{(t)}$ )  $85^\circ$  tersebut dibandingkan dengan nilai *Error* sebelumnya ( $E_{(t-1)}$ ) sebesar  $90^\circ$ , sehingga dari selisih ( $E_{(t)}$ ) dan ( $E_{(t-1)}$ ) diperoleh nilai *Delta Error* sebesar  $5^\circ$ . Maka besarnya kecepatan putaran motor DC adalah 60% PWM.

#### 4.4 Perencanaan Perangkat Lunak

Dalam rangka agar perangkat keras berfungsi sesuai dengan perencanaan, maka dibutuhkan perangkat lunak sebagai penunjang. Perangkat lunak dapat membantu mengatur dan mengontrol keseluruhan sistem perangkat keras yang telah dibuat. Sistem aplikasi Mikrokontroler AT89S52 ini dapat mengatur dan mengontrol keseluruhan sistem apabila ada urutan instruksi yang mendefinisikan secara jelas urutan tugas yang harus dikerjakan.

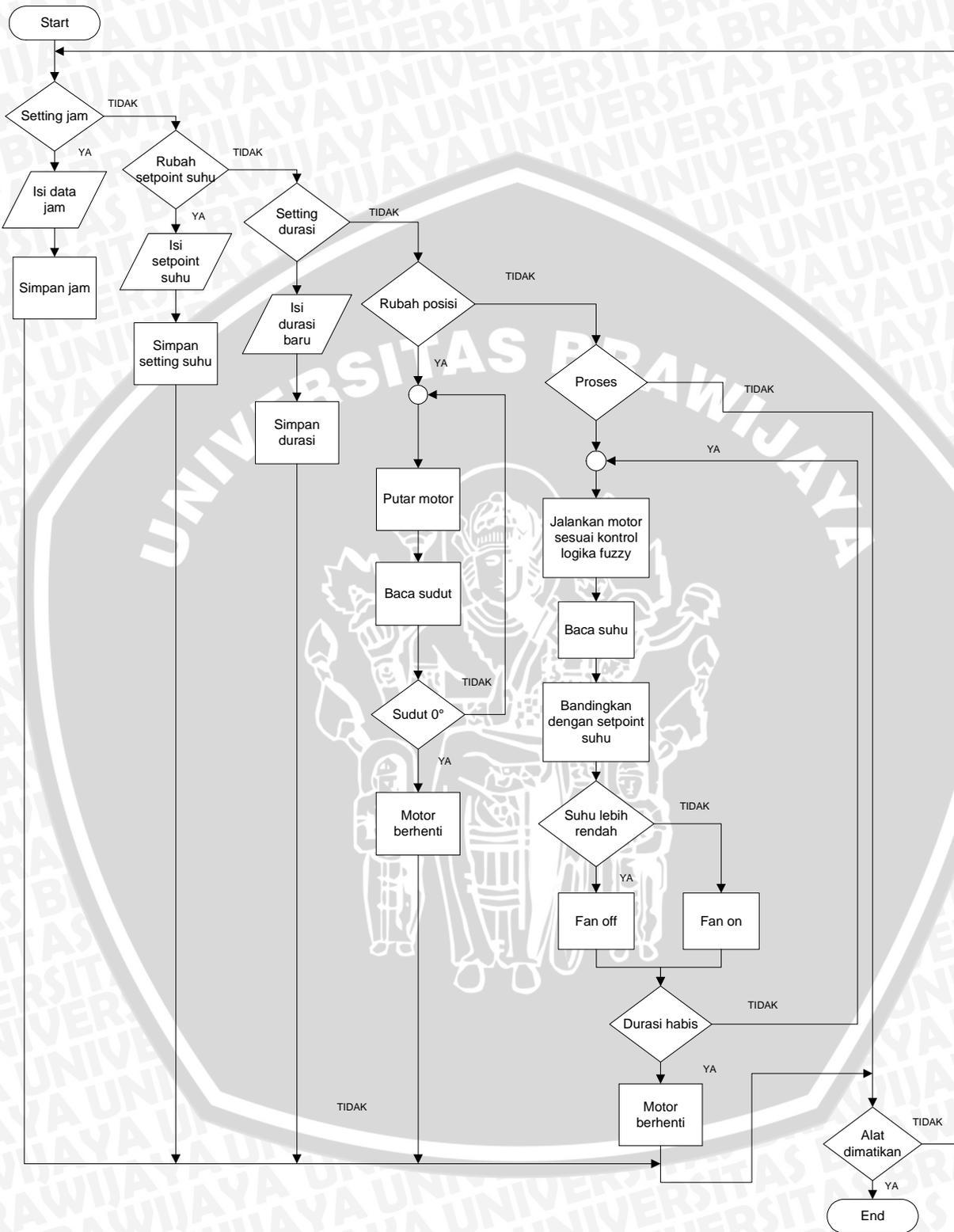
Urutan instruksi ini sangat penting untuk didefinisikan, karena mikrokontroler bekerja secara pasti berdasarkan urutan instruksi. Susunan logika perancangan yang salah tidak dapat diketahui oleh mikrokontroler. Selama

instruksi yang diterima sesuai dengan aturan, mikrokontroler akan tetap mengerjakan instruksi tersebut. Kesalahan seperti ini dapat diketahui ketika kerja sistem aplikasi tidak sesuai dengan spesifikasi awal. Oleh karena itu, perancangan perangkat keras sangat menentukan dalam keberhasilan pembuatan perangkat lunak, sama pentingnya dengan perancangan perangkat lunak. Mikrokontroler tidak akan bekerja jika tidak diberikan program.

Pembuatan perangkat lunak sistem pengontrol alat penyimpanan tempe dengan sinar UV berbasis mikrokontroler AT89S52 didasarkan pada semua kemungkinan kejadian yang harus dikerjakan oleh perangkat keras. Perangkat lunak terdiri atas program utama dan beberapa sub program. Berikut ini adalah tahap pembuatan perangkat lunak sistem pengontrol alat penyimpanan tempe dengan sinar UV:

- a. Penulisan kode *mnemonic* bahas *assembler* dengan menggunakan editor teks menjadi *file* berekstensi H51.
- b. Mengkompilasi *file* dengan ekstensi H51 dengan program ASM51 (*cross assembler* keluarga MCS-51) menjadi *file* LST dan OBJ.
- c. Pengujian *file* OH dengan program simulasi ONJ menjadi HEX.
- d. Mengubah format *file* HEX menjadi *file* BIN dengan program HB.
- e. Mengisikan kode biner pada *file* BIN ke EPROM dengan bantuan EPROM *writer*.

Diagram alir program utama sistem pengontrolan alat penyimpan tempe dengan sinar UV dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 Diagram Alir Sistem  
 Sumber : Perancangan



## BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan per blok sistem kemudian secara keseluruhan. Pengujian per blok dilakukan untuk mempermudah analisis apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perencanaan. Adapun pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian keypad dan LCD
2. Pengujian sensor suhu
3. Pengujian sensor potensiometer
4. Pengujian rangkaian motor
5. Pengujian kontrol logika *fuzzy* dan keseluruhan sistem

### 5.1 Pengujian Keypad dan Modul LCD

Pengujian *keypad* dan modul LCD bertujuan untuk mengetahui apakah *keypad* (unit masukan) dan modul LCD (unit keluaran) dapat bekerja sesuai dengan fungsi masing-masing. Selain *keypad* 4x4 dan modul LCD karakter 20x4, dalam pengujian ini juga dibutuhkan rangkaian mikrokontroler (ATmega32) pemroses utama. Diagram blok pengujian *keypad* dan modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Diagram Blok Pengujian *Keypad* dan Modul LCD

Masing-masing tombol *keypad* dikodekan oleh mikrokontroler pemroses utama menjadi sebuah karakter, selanjutnya data karakter tersebut ditampilkan

pada modul LCD. Masing-masing tombol *keypad* dapat dikenali secara mudah dengan mengkodekannya ke dalam data karakter yang berbeda-beda.

Pengujian *keypad* dan modul LCD dilakukan melalui prosedur berikut:

- 1) Menekan salah satu tombol yang terdapat pada *keypad*.
- 2) Mencatat tombol yang ditekan tersebut dan mencatat pula hasil tampilan karakter pada modul LCD.
- 3) Mengulang prosedur ke 1 hingga ke 2 sampai seluruh tombol *keypad* teruji.

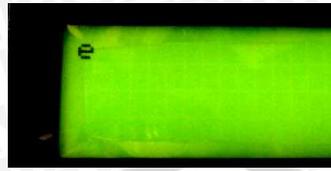
Hasil pengujian yang diharapkan adalah modul LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan pengkodean yang dirancang ketika tombol *keypad* ditekan. Data hasil pengujian *keypad* dan modul LCD ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Data Hasil Pengujian *Keypad* dan Modul LCD

No.	TombolKeypad	Tampilan LCD
1	↓	<
2	ENT	e
3	0	0
4	CAN	c
5	↑	>
6	9	9
7	8	8
8	7	7
9	MEN	#
10	6	6
11	5	5
12	4	4
13	COR	d
14	3	3
15	2	2
16	1	1

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa pengkodean yang dilakukan oleh mikrokontroler pemroses utama telah sesuai dengan perancangan. Masing-masing tombol dapat dikodekan secara berbeda-beda. Sehingga ketika tombol yang ditekan berbeda, maka karakter yang tertampil juga akan berbeda. Contohnya, ketika tombol “ENT” pada *keypad* ditekan maka pada modul LCD akan tertampil karakter “e”. Sedangkan ketika tombol “7” pada *keypad* ditekan maka pada modul LCD akan tertampil karakter “7”. Tampilan

LCD ketika tombol “ENT” ditekan ditunjukkan dalam Gambar 5.2, sedangkan tampilan LCD ketika tombol “7” ditekan ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



**Gambar 5.2** Tampilan Karakter Modul LCD ketika Tombol “ENT” pada *Keypad* Ditekan



**Gambar 5.3** Tampilan Karakter Modul LCD ketika Tombol “7” pada *Keypad* Ditekan

## 5.2 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

Pengujian rangkaian sensor suhu tipe LM35 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakurasian dari sensor tersebut. Jika tanggapan sensor suhu baik maka setiap perubahan suhu ruangan sebesar 1°C juga akan menyebabkan perubahan nilai  $V_{out}$  pada sensor suhu sebesar 10mV.

$$V_{out} = T \times 10\text{mV} \quad (5.1)$$

T = suhu ruangan

### 5.2.1 Peralatan Pengujian

1. Catu daya 5V DC
2. Sensor suhu LM35
3. Termometer analog untuk ruangan
4. Multimeter digital
5. Pemanas (450W ~ 220V)
6. *Blower* 12V DC

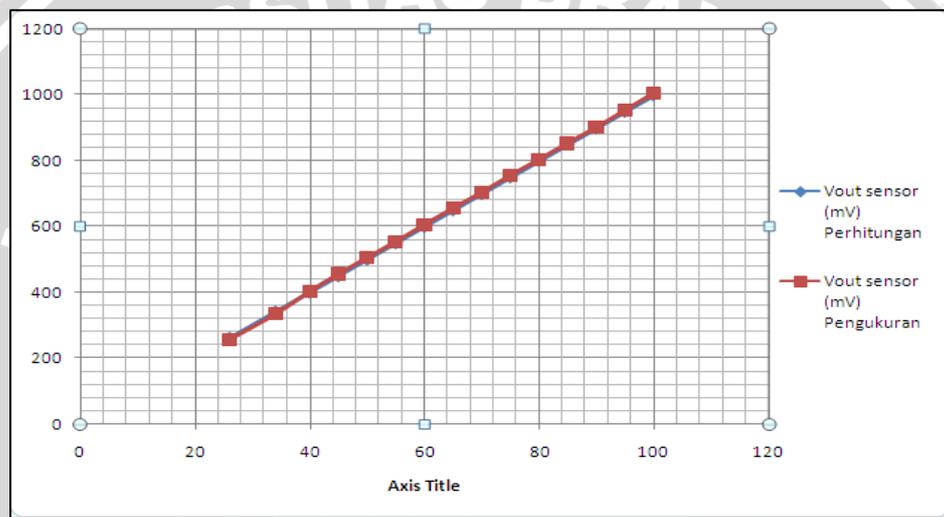
### 5.2.3 Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.4.



10	75	750	756	0.8
11	80	800	804	0.5
12	85	850	854	0.66
13	90	900	902	0.41
14	95	950	954	0.42
15	100	1000	1006	0.6
<b>Kesalahan rata-rata (%)</b>				<b>0.54</b>

Data pada Tabel 5.2 dapat di gambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.5.



**Gambar 5.5** Grafik Perbandingan Antara Kondisi Suhu dengan  $V_{out}$  pada sensor suhu

### 5.2.5 Analisis Hasil Pengujian

Dari grafik pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa respons tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan temperatur adalah mendekati linier, dengan kesalahan rata-rata sebesar 0.54%. Prosentase kesalahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\%Kesalahan = \left| \frac{V_{out} \text{ Perhitungan} - V_{out} \text{ Pengukuran}}{V_{out} \text{ Perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (5.2)$$

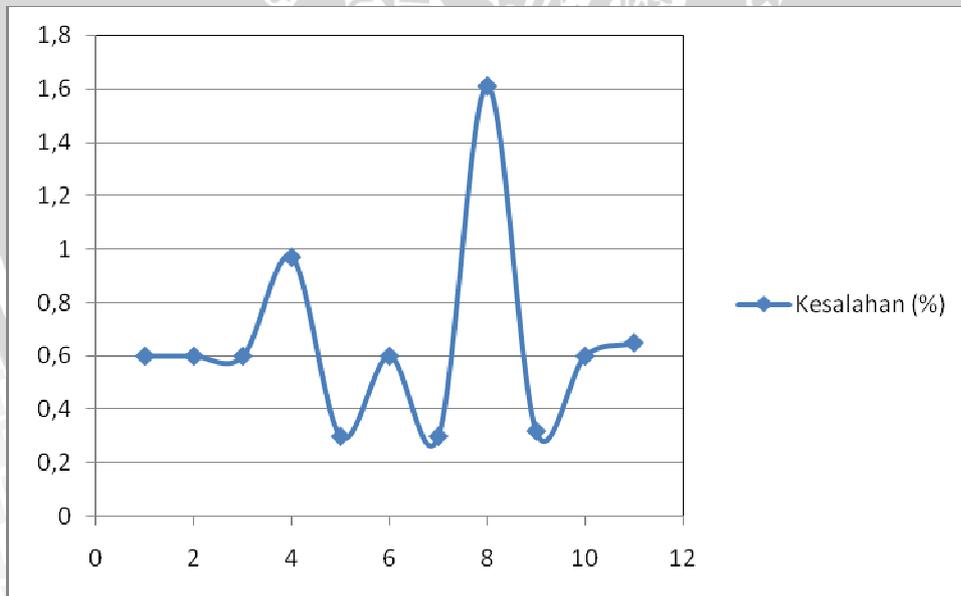
$$\%Kesalahan \text{ rata - rata} = \frac{\sum \%Kesalahan}{n} \quad (5.3)$$

n = banyaknya pengujian yang dilakukan

**Tabel 5.3.** Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

No.	Percobaan ke	Perhitungan (mV)	Pengukuran (mV)	Kesalahan (%)
1	1	310	308	0,6
2	2	310	312	0,6
3	3	310	308	0,6
4	4	310	307	0,97
5	5	310	311	0,3
6	6	310	312	0,6
7	7	310	309	0,3
8	8	310	305	1,61
9	9	310	309	0,32
10	10	310	312	0,6
<b>Kesalahan rata-rata</b>				0,65

Data pada Tabel diatas dapat digambarkan menjadi bentuk grafik seperti dalam Gambar 5.6.



**Gambar 5.6** Grafik Persentase Kesalahan pada Sensor Suhu

Adanya perbedaan nilai antara perhitungan dan pengukuran dikarenakan :

1. Sensor suhu LM35 yang digunakan mempunyai nilai toleransi keakurasian sebesar  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  atau sebanding dengan  $\pm 5\text{mV}$ .

2. Pembacaan yang tidak tepat pada thermometer untuk skala yang lebih kecil.
3. Kurang presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pengukuran tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) sensor suhu.

### 5.3 Pengujian Potensiometer

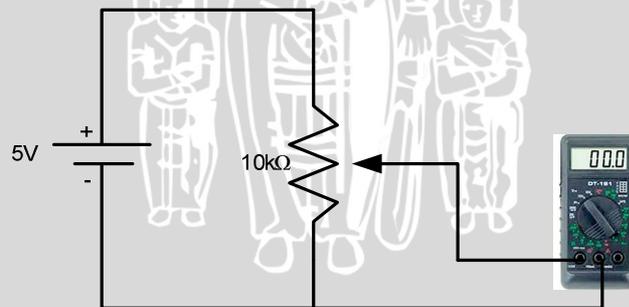
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat kelinieran dari potensiometer dalam membaca perubahan sudut putar motor DC.

#### 5.3.1 Peralatan Pengujian

1. Potensiometer.
2. Multimeter.
3. Penggaris busur.
4. Catu daya 5 volt.

#### 5.3.2 Prosedur Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.7
2. Potensiometer diputar dari  $0^\circ$  sampai  $300^\circ$
3. Mencatat dan menggambar data tegangan keluaran tiap  $15^\circ$  dari potensiometer untuk melihat kelinierannya.



Gambar 5.7 Pengujian Potensiometer

#### 5.3.3 Hasil Pengujian

Secara teori, tegangan keluaran dari potensiometer ditulis dalam persamaan :

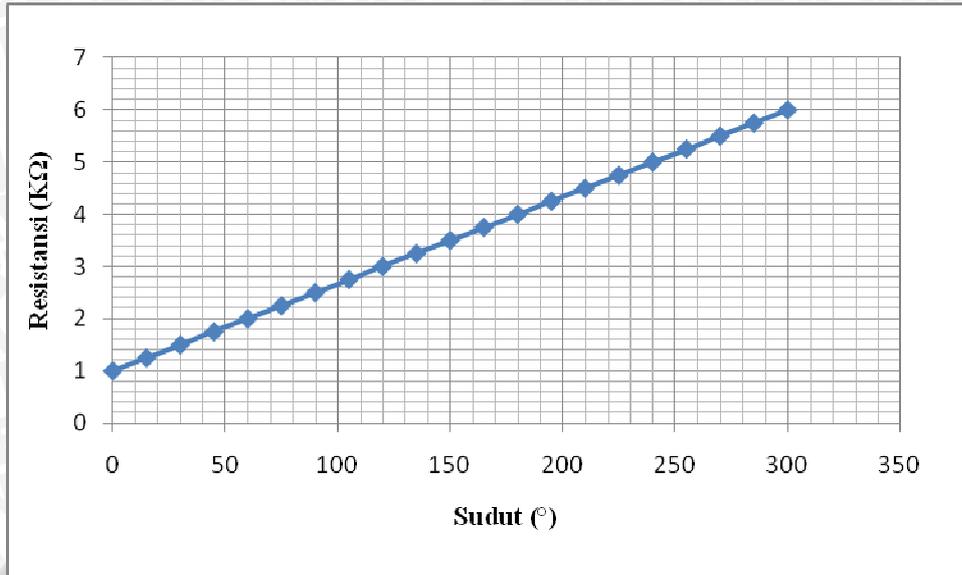
$$V_{output} = \frac{R_{potensiometer}}{R_{total}} \times V_{input} \quad (5.4)$$

data hasil pengujian potensiometer ditunjukkan dalam Tabel 5.4 berikut

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Potensiometer**

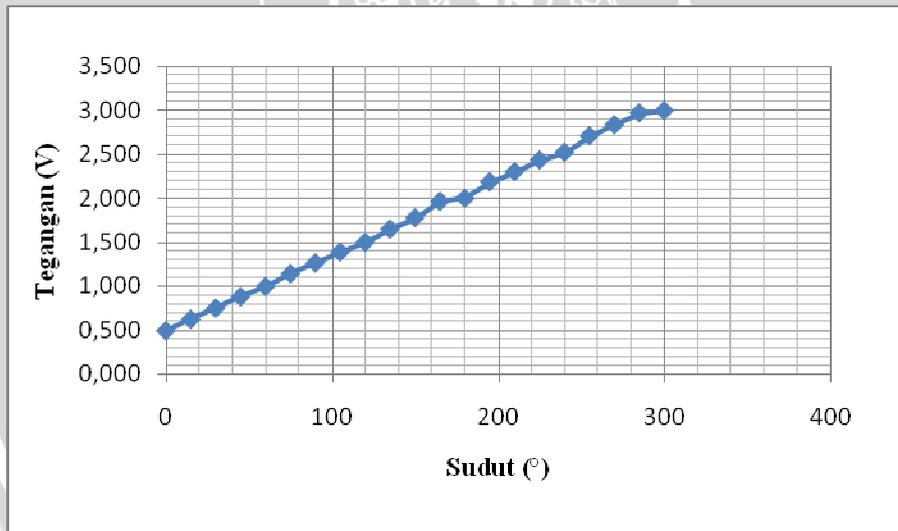
No	Sudut (°)	Resistansi (K $\Omega$ )	Tegangan Perhitungan (V)	Tegangan Pengukuran (V)	Error (%)
1	0	1	0,498	0,50000	0,39900
2	15	1,25	0,626	0,62499	0,16100
3	30	1,5	0,754	0,74999	0,57874
4	45	1,75	0,883	0,87499	0,91529
5	60	2	0,999	0,99999	0,13230
6	75	2,25	1,145	1,12499	1,77880
7	90	2,5	1,267	1,24999	1,38765
8	105	2,75	1,391	1,37499	1,16465
9	120	3	1,502	1,49999	0,13433
10	135	3,25	1,651	1,62498	1,60102
11	150	3,5	1,782	1,74998	1,81056
12	165	3,75	1,967	1,87498	4,90772
13	180	4	2,002	1,99998	0,10100
14	195	4,25	2,189	2,12498	3,01279
15	210	4,5	2,304	2,24998	2,38622
16	225	4,75	2,436	2,37498	2,56945
17	240	5	2,524	2,49998	0,94769
18	255	5,25	2,712	2,62497	3,31532
19	270	5,5	2,837	2,74997	3,15256
20	285	5,5	2,837	2,87497	3,34016
21	300	5,75	2,971	2,99997	0,11010

Grafik hubungan antara sudut dengan resistansi digambarkan pada Gambar 5.8



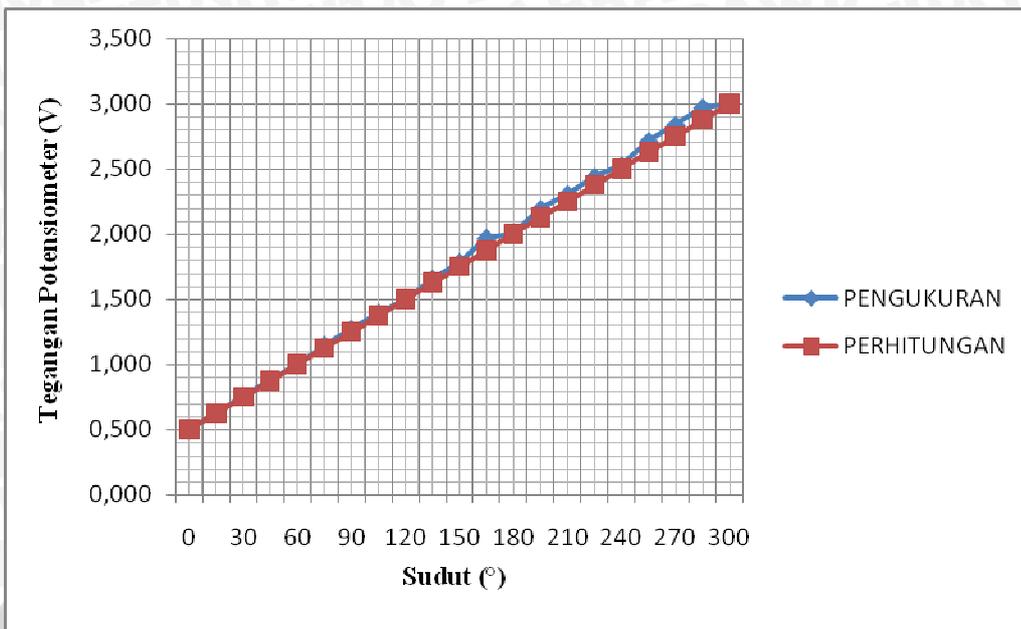
**Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Sudut dengan Resistansi**

Hubungan antara sudut dengan tegangan potensiometer digambarkan pada Gambar 5.9



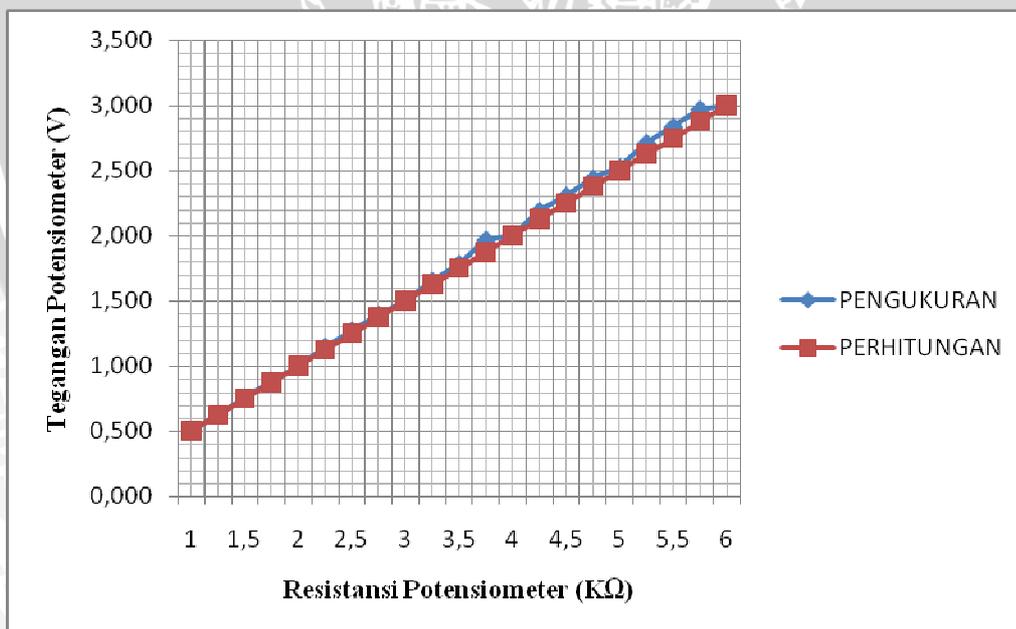
**Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Sudut dengan Tegangan**

Grafik perbandingan antara tegangan perhitungan dan tegangan pengukuran pada potensiometer digambarkan pada Gambar 5.10



**Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Antara Tegangan Perhitungan dengan Tegangan Pengukuran Terhadap Sudut**

Grafik perbandingan antara tegangan perhitungan dan tegangan pengukuran terhadap resistansi potensiometer digambarkan pada Gambar 5.11



**Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Antara Tegangan Perhitungan dengan Tegangan Pengukuran Terhadap Resistansi**

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada potensiometer dapat dilihat bahwa potensiometer yang digunakan mempunyai kelinieran yang baik.

#### 5.4 Pengujian Motor dan Driver Motor

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui *output* dari *driver* motor apabila diberi *input* yang berbeda-beda.

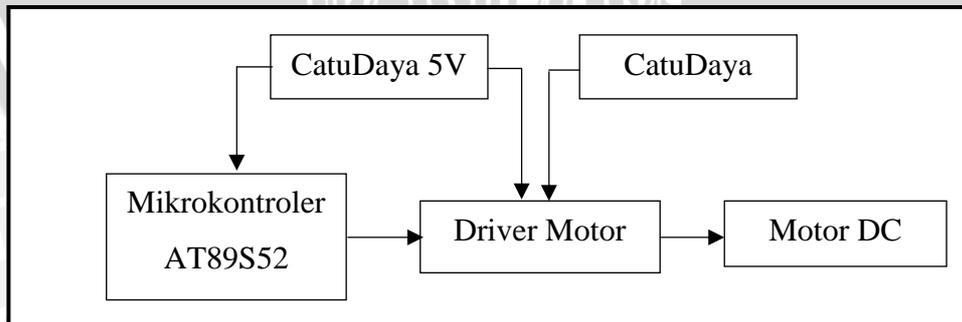
##### 5.4.1 Peralatan yang digunakan

1. Minimum sistem mikrokontroler AT89S52
2. Driver motor
3. Motor DC
4. Catu daya 5V dan 12V

##### 5.4.2 Prosedur Pengujian

1. Merangkai peralatan seperti pada gambar
2. Mengaktifkan catu daya 5 volt dan 12 volt
3. Menghitung besar PWM dan tegangan dari mikrokontroller
4. Menghitung besar tegangan keluaran dari driver motor yang diperlukan untuk motor
5. Mencatat pergerakan motor DC
6. Mencatat nilai Rpm (Rotasi per menit) yang dihasilkan oleh motor

Diagram blok pengujian *driver* motor DC dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian Driver Motor DC

### 5.4.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian kecepatan motor dengan nilai *Pulse Width Modulation* (PWM) yang ditentukan ditunjukkan pada tabel 5.5.

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Pulse Width Modulation (PWM)**

PWM	V MK (Volt)	V Motor (Volt)	Rpm
10	0.215	0.28	0.2
20	0.410	0.61	1.8
30	0.410	0.61	11.4
40	0.795	1.29	25.2
50	0.984	1.63	35
60	1.176	2.08	41
70	1.351	2.76	46

PWM	V MK (Volt)	V Motor (Volt)	Rpm
80	1.542	2.87	48.8
90	1.752	3.45	52
100	1.944	4.60	55.6
110	2.136	5.50	58.8
120	2.329	6.20	60.8
130	2.522	6.70	64.2
140	2.715	7.40	67
150	2.907	7.77	72.2
160	3.102	8.20	74.6
170	3.292	8.54	79.2
180	3.488	8.94	85.5
190	3.660	9.20	88
200	3.870	9.53	90.8
210	4.050	9.90	95
220	4.250	9.95	100.4
230	4.420	10.10	107.4

240	4.600	10.38	116.4
250	4.780	10.54	124
255	4.900	10.67	128

## 5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kerja dari perangkat lunak (Kontrol Logika *Fuzzy*) dan perangkat keras saat diintegrasikan secara bersama-sama. Pengujian dilakukan dengan merangkaikan seperti pada gambar 5.8, kemudian mengaktifkan semua alat yang telah dirakit, setelah itu mengamati kerja dari sistem tersebut. Hasil keluaran dari *crisp output* diukur dan dicatat.

### 5.5.1 Peralatan Pengujian

1. Potensiometer
2. Tempe
3. Minimum sistem mikrokontroler AT89S52
4. Rangkaian Driver Motor
5. Motor DC
6. LCD
7. Osiloskop *digital*

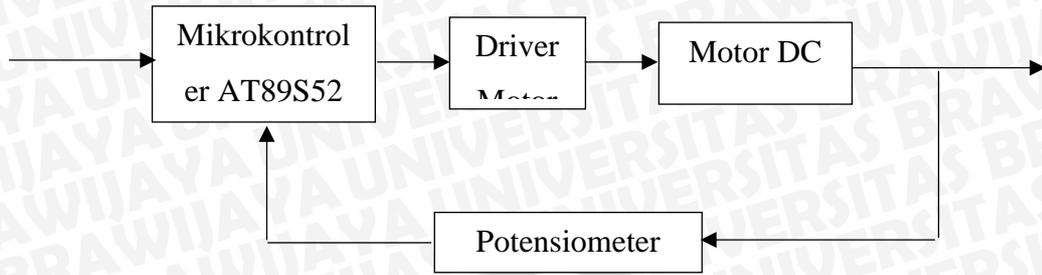
### 5.5.2 Prosedur Pengujian

Pada pengujian sistem secara keseluruhan, langkah pertama yang harus dilakukan adalah merangkai peralatan seperti pada Gambar 5.8. Kemudian kita memberi masukan setting jam, setting durasi dan setting suhu. Setelah itu kita akan melihat respon dari perputaran motor yang disesuaikan berdasarkan sudut yang suda ditentukan, apakah sudah memenuhi *setpoint* atau belum.

Setpoint

Kecepatan

kecepatan

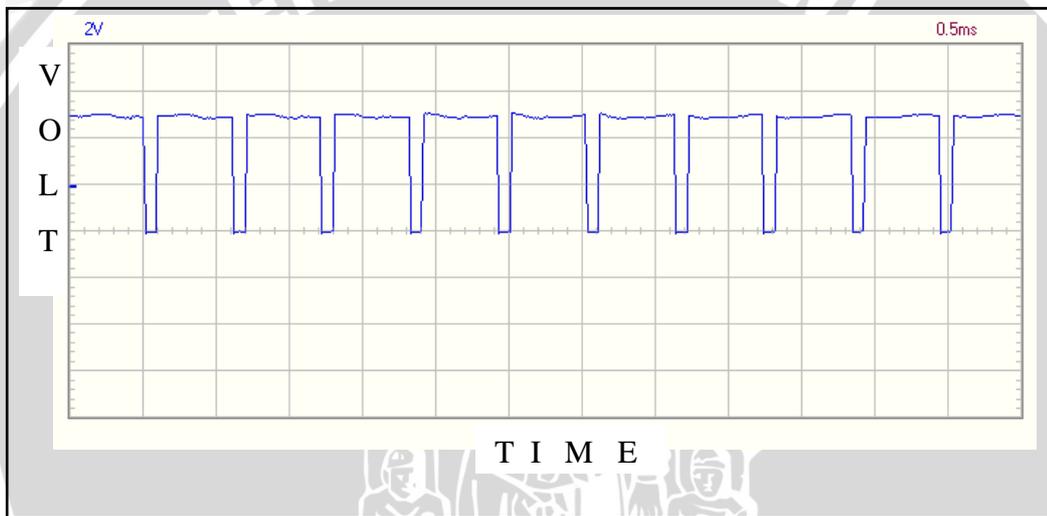


**Gambar 5.13** Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem

### 5.5.2.1. Pengujian pada setpoint

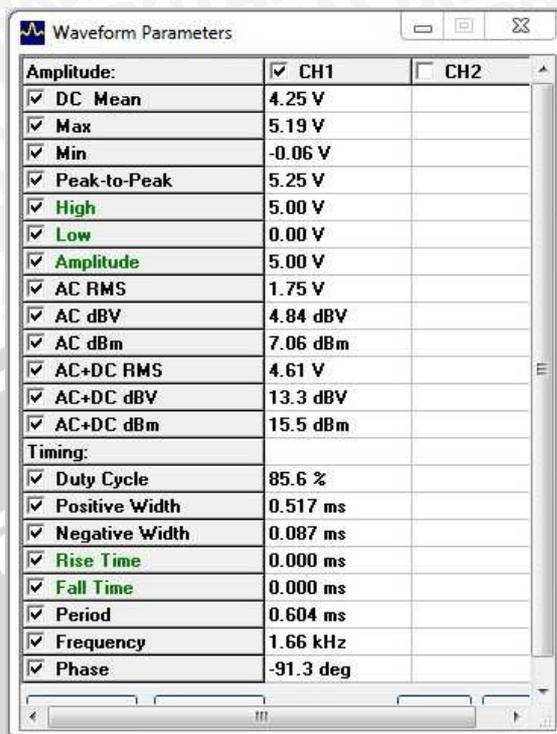
a. Untuk *setpoint* cepat

Hasil pengujian *setpoint* cepat ditunjukkan pada Gambar 5.14.



**Gambar 5.14** Hasil Pengujian *Setpoint* Cepat Menggunakan Osiloskop *Digital*

Pada gambar 5.14 didapatkan bahwa pada kecepatan maksimal *duty cycle* menunjukkan 85,6 % dengan besar tegangan 4,25 V. Pada kecepatan maksimal motor didapatkan :



**Gambar 5.15** Waveform Parameter Setpoint Cepat

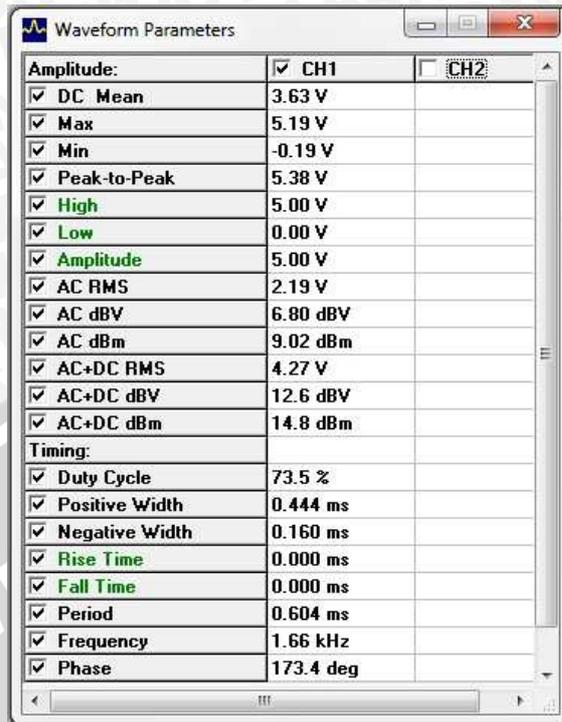
b. Untuk setpoint sedang

Hasil pengujian setpoint sedang ditunjukkan pada Gambar 5.16.



**Gambar 5.16** Hasil Pengujian Setpoint Sedang Menggunakan Osiloskop Digital

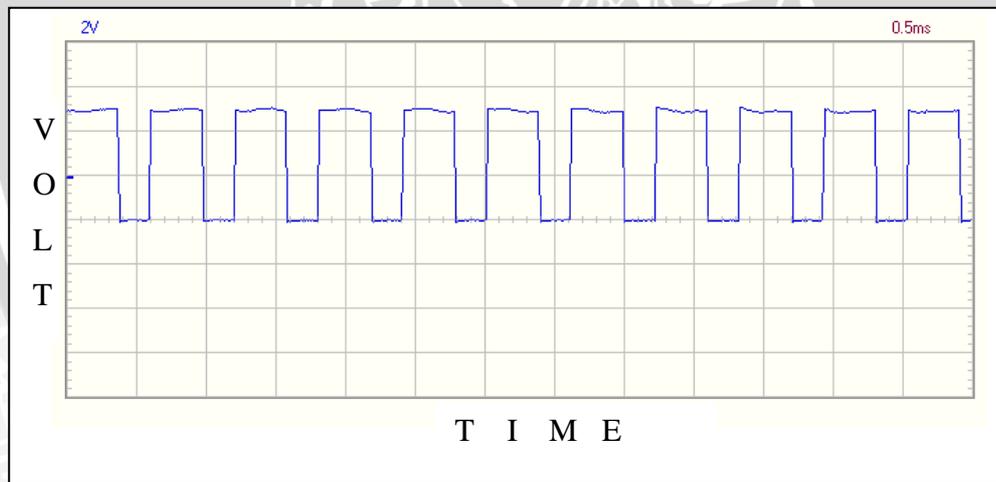
Pada gambar 5.16 didapatkan bahwa pada kecepatan sedang *duty cycle* menunjukkan 73,5 % dengan besar tegangan 3,63 V. Pada kecepatan sedang motor didapatkan :



Gambar 5.17 Waveform Parameters Setpoint Sedang

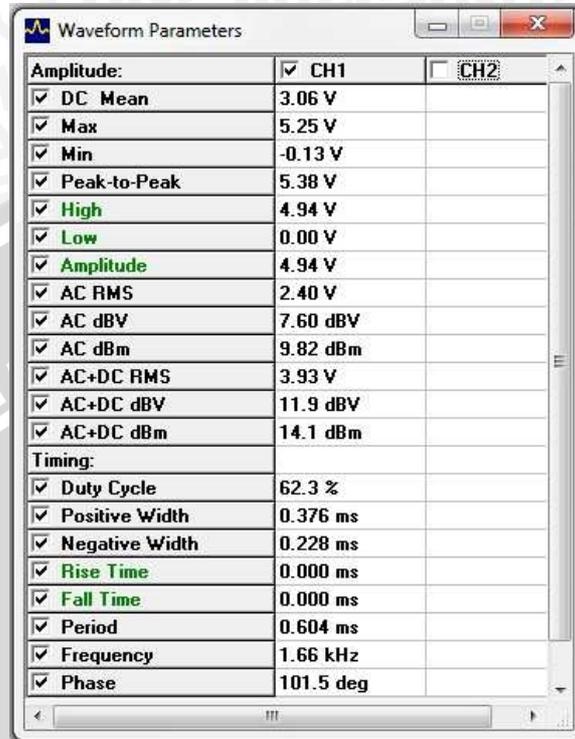
c. Untuk setpoint lambat

Hasil pengujian *setpoint* lambat ditunjukkan pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Hasil Pengujian *Setpoint* Lambat Menggunakan Osiloskop Digital

Pada gambar 5.18 didapatkan bahwa pada kecepatan lambat *duty cycle* menunjukkan 62,3 % dengan besar tegangan 3,06 V. Pada kecepatan lambat motor didapatkan :

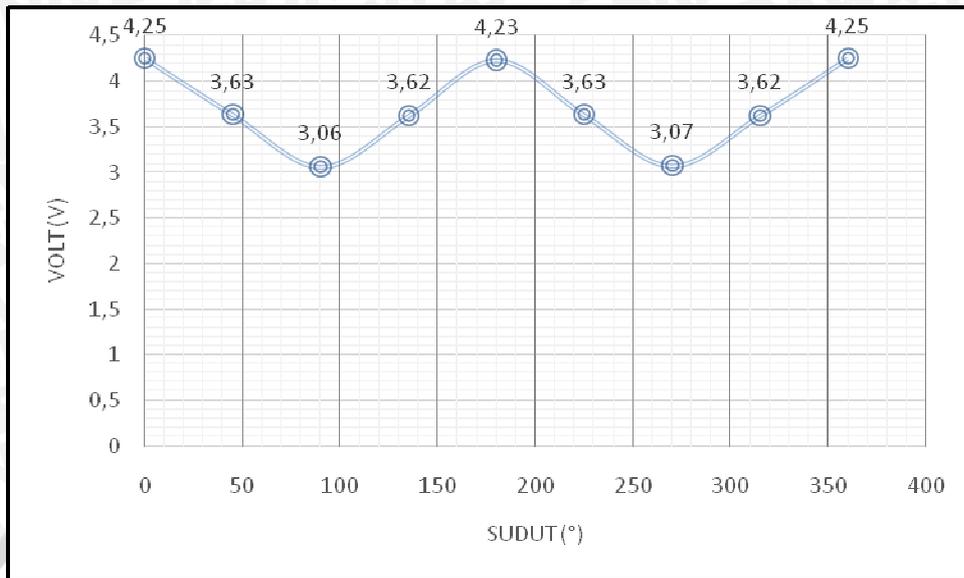


Gambar 5.19 Waveform Parameters Setpoint Lambat

Setelah dilakukan pengujian setpoint cepat, sedang, lambat didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Tegangan

No.	Sudut	Tegangan Masukan
1	0°	4,25 V
2	45°	3,63 V
3	90°	3,06 V
4	135°	3,62 V
5	180°	4,23 V
6	225°	3,63 V
7	270°	3,07 V
8	315°	3,62 V
9	360°	4,25 V

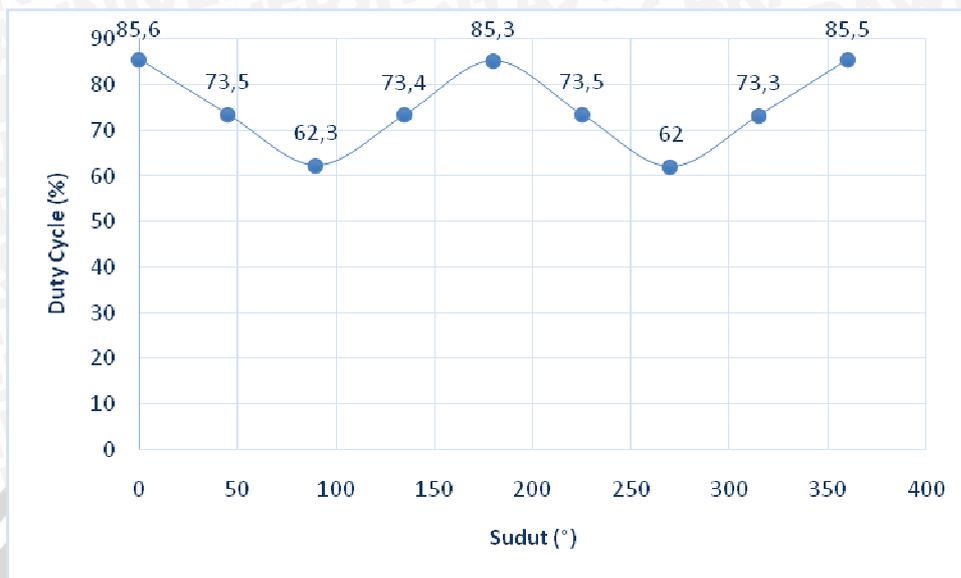


**Gambar 5.20** Grafik Sudut Terhadap Tegangan dalam Satu Kali Putaran

Pada Gambar 5.20 merupakan grafik antara sudut terhadap tegangan pada masing-masing sudut. Pengujian dimulai dari sudut 0 sampai 360. Didapatkan bentuk grafik yang sama dengan perancangan.

**Tabel 5.7** Hasil Pengujian Duty Cycle

No.	Sudut	Duty cycle
1	0°	85,6%
2	45°	73,5%
3	90°	62,3%
4	135°	73,4%
5	180°	85,3%
6	225°	73,5%
7	270°	62,4%
8	315°	73,4%
9	360°	85,6%



**Gambar 5.21** Grafik Sudut Terhadap *Duty Cycle* pada Satu Kali Putaran

Pada gambar 5.21 didapatkan grafik sudut terhadap *duty cycle* dalam satu kali putaran. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa *duty cycle* berubah nilai sesuai sudut-sudut yang ditentukan.

### 5.5.2.2 Pengujian Tempe

Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perbedaan antara 3 tempe yang diujikan. Tempe pertama dimasukkan ke dalam alat, tempe kedua dimasukkan ke dalam lemari es, dan tempe yang ketiga dibiarkan dalam kondisi ruangan. Ketiga tempe tersebut diuji dengan waktu yang sama, yaitu 3 hari. Data diambil tiap harinya sampai hari ketiga. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Tempe

No.	Tempe	Hari ke-1			Hari ke-2			Hari ke-3		
		alat penyimpanan	lemari es	ruangan terbuka	alat penyimpanan	lemari es	ruangan terbuka	alat penyimpanan	lemari es	ruangan terbuka
1	Tempe 1	tidak ada jamur	-	-	tidak ada jamur	-	-	sangat sedikit jamur	-	-
2	Tempe 2	-	tidak ada jamur	-	-	sedikit jamur	-	-	banyak jamur	-
3	Tempe 3	-	-	sedikit jamur	-	-	banyak jamur	-	-	sangat banyak jamur

Pengujian tempe 1 dilakukan di dalam alat penyimpanan. Untuk hasil dari pengujian tempe 1 dapat dilihat pada gambar 5.22, 5.23, dan 5.24.

Pada hari pertama didapatkan hasil pada tempe tidak terdapat jamur, warna tempe alami.



**Gambar 5.22** Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 1

Pada hari kedua tempe tidak terdapat jamur, warna tempe alami.



**Gambar 5.23** Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 1

Pada hari ketiga terdapat sangat sedikit jamur dan warna tempe alami.



**Gambar 5.24** Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 1

Hal ini berarti lampu UV bekerja menghambat tumbuhnya jamur pada tempe.

Pengujian tempe 2 dilakukan di dalam lemari es. Untuk hasil dari pengujian tempe 1 dapat dilihat pada gambar 5.25, 5.26, dan 5.27.

Pada hari pertama didapatkan hasil pada tempe tidak terdapat jamur, warna tempe alami.



**Gambar 5.25** Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 2

Pada hari kedua tempe terdapat sedikit jamur, tempe sedikit kering.



**Gambar 5.26** Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 2

Pada hari ketiga terdapat banyak jamur dan warna tempe sangat pucat.



**Gambar 5.27** Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 2

Hal ini berarti pendinginan tidak secara langsung menghambat pertumbuhan jamur pada tempe.

Pengujian tempe 3 dilakukan di ruangan terbuka. Untuk hasil dari pengujian tempe 1 dapat dilihat pada gambar 5.28, 5.29, dan 5.30.

Pada hari pertama didapatkan hasil pada tempe terdapat sedikit jamur, warna tempe sedikit pucat.



**Gambar 5.28** Hasil Pengujian Hari Pertama pada Tempe 3

Pada hari kedua tempe terdapat banyak jamur dan warna tempe pucat.



**Gambar 5.29** Hasil Pengujian Hari Kedua pada Tempe 3

Pada hari ketiga terdapat sangat banyak jamur dan warna tempe sangat pucat.



**Gambar 5.30** Hasil Pengujian Hari Ketiga pada Tempe 3

Hal ini berarti kondisi ruangan tidak menghambat tumbuhnya jamur pada tempe.

#### 5.5.2.2.1 Analisa Hasil Pengujian

Dari pengujian tempe didapatkan hasil bahwa tempe yang disimpan pada alat penyimpanan menggunakan sinar UV lebih tahan terhadap jamur dan warna pada tempe tetap cerah dan alami sampai hari ketiga. Sedangkan pada pengujian tempe 2 didapatkan hasil tempe yang hanya dapat bertahan pada pengujian hari pertama, pada hari kedua tempe 2 terdapat sedikit jamur dan sampai hari ketiga tempe 2 terdapat banyak jamur. Pada tempe 3 yang dibiarkan pada ruangan terbuka pada hari pertama didapatkan sedikit jamur, lalu pada hari kedua tempe 3 didapatkan banyak jamur dan pada hari ketiga pengujian didapatkan sangat banyak jamur.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dalam pembuatan sistem pengawetan tempe menggunakan lampu UV digunakan sensor potensiometer sebagai sensor untuk mendeteksi posisi yang mempunyai error pembacaan 0-4,9 % dan sistem elektriknya menggunakan mikrokontroler AT89S52 dengan bahasa pemrograman assembly.
2. Hasil pengujian terhadap aplikasi kontrol logika *fuzzy* menunjukkan bahwa respon sistem untuk tiap *setpoint* didapatkan nilai *duty cycle* dan tegangannya . Untuk *setpoint* cepat didapatkan nilai *duty cycle* = 85,6%, dengan  $V_{in} = 4,25$  V, *setpoint* sedang didapatkan nilai *duty cycle* = 73,5% dengan  $V_{in} = 3,63$  V, *setpoint* lambat didapatkan nilai *duty cycle* = 62,3% dengan  $V_{in} = 3,06$  V. Hasil ini menunjukkan bahwa kontrol logika *fuzzy* menghasilkan respon sesuai dengan yang direncanakan dan dapat diaplikasikan pada alat penyimpanan tempe menggunakan lampu UV untuk mengatur kecepatan putar motor DC.

#### 6.2 Saran

Dalam Perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan. Untuk memperbaiki kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut disarankan :

- 1) Pergerakan kecepatan motor DC dapat diperlambat agar penyinaran lebih merata.
- 2) Dilakukan analisis tentang pengontrolan penyinaran menggunakan lampu UV dengan lebih mendalam.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Astuti, M. 1996. *Sejarah Perkembangan Tempe*. Dalam Bunga Rampai Tempe Indonesia. Yayasan Tempe Indonesia. Jakarta.
- ATMEL. 2007. *AT89S52, 8-bit Microcontroller with 8 Kbytes in System Programable Flash*
- Barbosa, G. V and Canovas [et al.]. 1998. *Non Thermal Preservation of Food*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Coughlin, R.F. 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. penerjemah Ir. Herman W. S. Erlangga. Jakarta.
- Desrosier, N. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. UI Press. Jakarta.
- Hermana & K, Mien. 1996. *Pengembangan Teknologi Pembuatan Tempe*. Dalam Bunga Rampai Tempe Indonesia. Yayasan Tempe Indonesia. Jakarta.
- Klir, George J dan Yuan Bo. 1995. *Fuzzy sets and Fuzzy Logic: Theory And Applications*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc.
- Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Rizka, Safitri. 2009. *Uji Perfomansi Tempe Menggunakan Pancaran Radiasi Ultraviolet*. Malang. Universitas Brawijaya
- Tooley, Mike. 2002. *Rangkaian Elektronik Prinsip dan Aplikasi*. Jakarta. Penerbit Erlangga.
- Yan, Jun. 1994. *Using Fuzzy Logic*. Prentice Hall: New Jersey