

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR BERAS
OTOMATIS BERBASIS LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :
NUNGKY INDRA S
NIM. 0610633049-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG

2010

LEMBAR PERSETUJUAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR BERAS OTOMATIS
BERBASIS LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

NUNGKY INDRA S

NIM. 0610633049-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Fitriana Suhartati,ST.,MT

NIP. 19741017 199802 2 001

Ir. Purwanto, MT

NIP. 19540424 198601 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENAKAR
BERAS OTOMATIS BERBASIS LOGIKA FUZZY**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**NUNGKY INDRA S
NIM. 0610633049-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 November 2010

DOSEN PENGUJI

Ir. Bambang Siswojo, MT
NIP. 19621211 198802 1 001

Ir. Erni Yudaningtvas, MT
NIP. 19650913 199002 2 001

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D
NIP. 19741203 200012 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

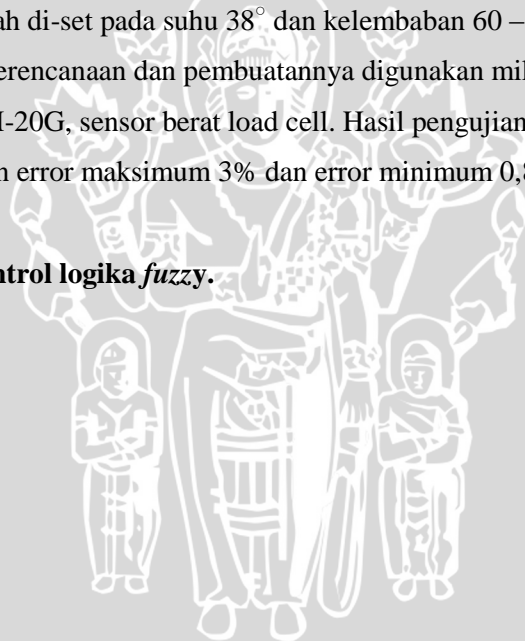
Rudy Yuwono ST., M.Sc.
NIP. 19710615 199802 1 003

ABSTRAKSI

Nungky Indra S. 0610633049-63. **Perancangan dan Pembuatan Alat Penakar Beras Otomatis Berbasis Logika Fuzzy.** Skripsi Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Pembimbing: **Fitriana Suhartati,ST.,MT** dan **Ir. Purwanto, MT.**

Beras merupakan bahan pokok yang dibutuhkan semua orang. Pembelian beras dengan skala kecil umumnya dibeli pada penjual eceran. Penjualan beras eceran sekarang ini masih menggunakan tenaga manusia sehingga hasilnya kurang efisien dan menguras banyak tenaga. Oleh karena itu diperlukan sebuah alat penakar beras otomatis untuk mempermudah penjual dan memberi kepuasan pada pembeli dengan hasil yang akurat. Alat ini melayani pembelian beras dengan jangkauan berat minimal 50gr dan maksimal 2kg dalam sekali pelayanan. Pada skripsi ini digunakan kontrol logika fuzzy untuk kendali katup agar beras yang dihasilkan akurat sesuai setpoint serta digunakan pengendali kontrol ON-OFF yang digunakan sebagai pengendali fan dan heater untuk menjaga suhu dan kelembaban rice box yang telah di-set pada suhu 38° dan kelembaban 60 – 65 % sehingga kualitas beras tetap baik. Dalam perencanaannya digunakan mikrokontroler AT89S52, sensor suhu dan kelembaban HSM-20G, sensor berat load cell. Hasil pengujian berat terhadap aplikasi kontrol logika fuzzy ini didapatkan error maksimum 3% dan error minimum 0,8%.

Kata kunci: beras, otomatis, kontrol logika fuzzy.



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah swt, Atas karunia ilmu, nikmat rezeki yang diberikan Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan dan Pembuatan Alat Penakar Beras Otomatis Berbasis Logika *Fuzzy*” ini dengan baik.

Tidak lupa juga, Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Rudi Yuwono, ST, M.Sc. dan Bapak M. Azis Muslim, ST.,MT., Ph.D selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Fitriana Suhartati,ST.,MT selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan ide, bimbingan serta saran hingga terselesaikannya skripsi ini.
3. Bapak Ir. Purwanto, MT., selaku KKDK Teknik Kontrol dan dosen pembimbing II yang telah memberikan ide, bimbingan serta saran hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Bapak, ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kedua orang tuaku tercinta Sardjuono Budhi Santoso dan Endang Widarsih, Kakakku Nicko Wahyu Nugroho, Adikku Nita Trias P , Sahabatku Risty Jayanti , Renindya Hiera, Ridanti Arinassa, Tya Aulia Sabrina dan Vidia Nisa serta teman dekatku M. Ridwan Hadi dan Muhammad Rizky yang selalu ada dalam suka dan duka, selalu setia mendengarkan curahan hati, dan selalu memberikan do’a,dorongan serta semangat.
6. Semua sahabat seperjuanganku di kampus Elektro, Lucky Nindya, Risty Jayanti, Ella Puspa Sari, Nur Annisa, Rendy Lucki, M. Hifnie, Lunde Ardhenta, Yusron Fuadi, Rizcky G dan anggota HFGM atas motivasi dan semangatnya selama ini.
7. Dan semua pihak yang telah mendukung baik moril, materiil, maupun do’anya yang tidak bisa Penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih banyak.

Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan untuk pengembangan selanjutnya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca .

Malang, Oktober 2010

Hormat kami,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING	
LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PENGUJI	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beras	4
2.1.1 Hubungan Waktu dan Kadar Air	4
2.1.2 Syarat – Syarat Penyimpanan Benih/Beras	6
2.2 Sensor Level	6
2.2.1 <i>Light Emiting Diode (LED) Infra Merah</i>	6
2.2.2 Photodioda	7
2.3 Sensor Berat (Load Cell)	8
2.4 Sensor Suhu dan Kelembaban HSM20G	9
2.5 Mikrokontroler AT89S52	10
2.6 Pengkondisi Sinyal	14
2.6.1 Penguat Tak Membalik (<i>Non Inverting Amplifier</i>)	14
2.6.2 Komparator	15
2.7 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	16
2.8 Keypad Matrix 4 x 4	18
2.9 Transistor	19
2.9.1 Persamaan Transistor	19
2.9.2 Garis Beban DC	20
2.9.3 Saklar Transistor	21

2.10	<i>Memory External</i> EEPROM AT24C16	21
2.10.1	Fitur – Fitur	21
2.10.2	Deskripsi Pin	22
2.11	Relay	22
2.12	<i>Analog to Digital Converter</i> (ADC)	23
2.13	Motor DC Servo.....	24
2.14	Kontroler <i>ON - OFF</i>	26
2.15	Kontrol Logika Fuzzy	27
2.15.1	Unit Fuzzifikasi.....	30
2.15.2	Basis Pengetahuan (Knowledge Base).....	31
2.15.3	Basis Aturan	32
2.15.4	Basis Data	32
2.15.5	Unit Pengambilan Keputusan (<i>Inference</i>).....	33
2.15.6	Defuzzifikasi	34

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Studi Literatur	36
3.2	Perancangan Sistem	37
3.3	Realisasi Pembuatan Alat	37
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok	37
3.3.2	Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak	37
3.4	Pengujian Alat dan Analisa Data	37
3.5	Pengambilan Kesimpulan	38

BAB IV. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1	Perancangan Sistem	39
4.1.1	Blok Diagram Alat	39
4.1.2	Prinsip Kerja Alat	41
4.2.	Perancangan Perangkat Keras.....	42
4.2.1	Rangkaian Driver Sensor Berat dan Sensor Berat.....	42
4.2.2	Rangkaian Sensor Optocoupler	43
4.2.2.1	Rangkaian Pemancar	44
4.2.2.2	Rangkaian Penerima	45
4.2.3	Sensor Suhu dan Kelembaban (HSM-20G).....	46
4.2.3.1	Rangkaian Pengkondisi Sinyal	47
4.2.4	Rangkaian Driver Relay Heater.....	50
4.2.5	Rangkaian Driver Fan	51

4.2.6 Rangkaian ADC (PCF8591).....	51
4.2.7 Mikrokontroler AT89S52.....	53
4.2.8 Memori AT24C16.....	55
4.2.9 LCD (Liquid Crystal Display).....	56
4.2.10 Kaypad.....	56
4.3. Perancangan Perangkat Lunak.....	57
4.3.1 Kontrol Logika Fuzzy.....	57
4.3.2 Diagram Alir (Flowchart).....	60

BAB V. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

5.1 Pengujian Sensor Suhu dan Kelembaban HSM20G	61
5.1.1 Peralatan yang digunakan	61
5.1.2 Prosedur Pengujian	61
5.1.3 Hasil dan Analisis Pengujian	62
5.2 Pengujian Sensor Berat (<i>loadcell</i>).....	65
5.2.1 Tujuan Pengujian.....	65
5.2.2 Peralatan yang digunakan.....	65
5.2.3 Langkah Pengujian	66
5.2.4 Hasil dan Analisis Pengujian.....	66
5.3 Pengujian Rangkaian Optocoupler.....	67
5.3.1 Tujuan Pengujian.....	67
5.3.2 Peralatan yang digunakan.....	67
5.3.3 Langkah Pengujian	67
5.3.4 Hasil dan Analisis Pengujian.....	67
5.4 Pengujian Mikrokontroler AT89S52.....	68
5.4.1 Tujuan Pengujian.....	68
5.4.2 Peralatan yang digunakan.....	68
5.4.3 Langkah Pengujian	68
5.4.4 Hasil dan Analisis Pengujian.....	68
5.5 Pengujian ADC PCF 8591	69
5.5.1 Tujuan Pengujian.....	69
5.5.2 Peralatan yang digunakan.....	69
5.5.3 Langkah Pengujian	69
5.5.4 Hasil dan Analisis Pengujian.....	69
5.6 Pengujian Sistem LCD.....	71
5.6.1 Tujuan Pengujian.....	71
5.6.2 Peralatan yang digunakan.....	71

5.6.3 Langkah Pengujian	71
5.6.4 Hasil dan Analisis Pengujian	71
5.7 Pengujian Sistem Keseluruhan.....	71
5.7.1 Tujuan Pengujian.....	71
5.7.2 Peralatan yang digunakan.....	71
5.7.3 Langkah Pengujian	72
5.7.4 Hasil dan Analisis Pengujian.....	72

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan.....	73
6.2. Saran	74

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN 1 Foto Alat

LAMPIRAN 2 Schematic

LAMPIRAN 3 Listing Program

LAMPIRAN 4 Datasheet Komponen



DAFTAR GAMBAR

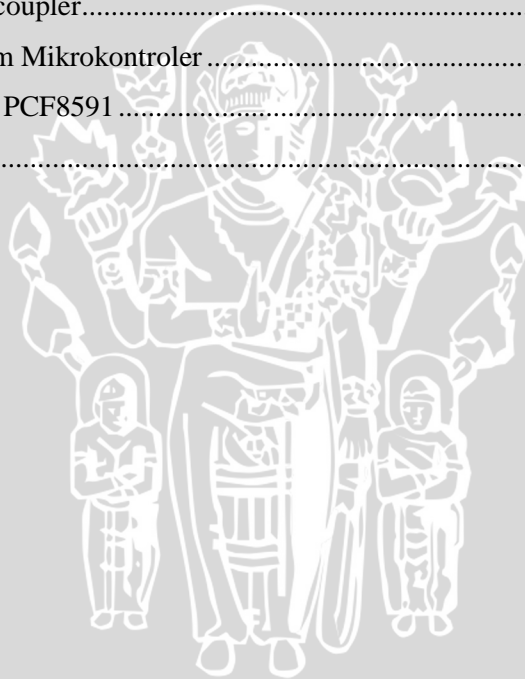
Gambar 2.1	Laju Pernapasan Biji untuk 38°C.....	4
Gambar 2.2	Diagram Sistem Waktu dan Kadar Air dalam Penyimpanan.....	5
Gambar 2.3	Simbol LED Inframerah	7
Gambar 2.4	Gambar Photodida	8
Gambar 2.5	Load Cell Tipe Balok.....	8
Gambar 2.6	Sensor Suhu dan Kelembaban (HSM 20G)	9
Gambar 2.7	Pin AT89S52.....	11
Gambar 2.8	Diagram Blok AT89S52	11
Gambar 2.9	Penguat Tak Membalik.....	14
Gambar 2.10	Rangkaian Komparator	15
Gambar 2.11	LCD M1632.....	16
Gambar 2.12	Rangkaian Dasar Keypad 4x4.....	18
Gambar 2.13	Transistor NPN	19
Gambar 2.14	(a) Bias Basis Transistor, (b) Garis Beban DC	20
Gambar 2.15	Konfigurasi Pin Serial EEPROM AT24C16.....	22
Gambar 2.16	Skema Relay Elektromekanik.....	23
Gambar 2.17	Susunan Pin PCF 8591	23
Gambar 2.18	Teknik PWM untuk Mengatur Sudut Motor Servo	25
Gambar 2.19	Pin Out Kabel Motor Servo	25
Gambar 2.20	Karakteristik Statis Pengendali Tak Linier.....	26
Gambar 2.21	Karakteristik Statis Pengendali On-Off	27
Gambar 2.22	Himpunan Fuzzy pada Variabel Temperatur	28
Gambar 2.23	Struktur Kontroler Logika Fuzzy Dasar	29
Gambar 2.24	Metode Penalaran Fuzzy MAX - MIN	34
Gambar 4.1	Diagram Blok Sistem.....	39
Gambar 4.2	Diagram Blok Hardware	40
Gambar 4.3	Rangkaian Sensor Berat	42
Gambar 4.4	Rangkaian Optocoupler	44
Gambar 4.5	Rangkaian Penerima	45
Gambar 4.6	Rangkaian Sensor Suhu dan Kelembaban HSM20G.....	46
Gambar 4.7	Rangkaian Penguat Non-Inverting.....	48
Gambar 4.8	Rangkaian Driver Heater	50
Gambar 4.9	Rangkaian Driver Fan.....	51
Gambar 4.10	Rangkaian PCF 8591	52

Gambar 4.11	Rangkaian AT89S52.....	53
Gambar 4.12	Rangkaian Memori AT24C16.....	55
Gambar 4.13	Rangkaian LCD	56
Gambar 4.14	Rangkaian Keypad.....	57
Gambar 4.15	Fungsi Keanggotaan Masukan	58
Gambar 4.16	Fungsi Keanggotaan Keluaran.....	59
Gambar 4.17	Diagram Alir Sistem Secara Keseluruhan	60
Gambar 5.1	Rangkaian Pengujian HSM20G.....	61
Gambar 5.2	Rangkaian Modul HSM20G dari datasheet.....	62
Gambar 5.3	Grafik Hubungan Antara Suhu T(°C) dan Hambatan R(kΩ).....	64
Gambar 5.4	Grafik Hubungan Antara Vout dengan Kelembaban (%RH)	65
Gambar 5.5	Diagram Blok Pengujian Sensor Berat	66
Gambar 5.6	Diagram Blok Pengujian Optocoupler.....	67
Gambar 5.7	Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler.....	68
Gambar 5.8	Tampilan LCD pada Alat.....	71



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi HSM20G.....	10
Tabel 2.2	Deskripsi Alternatif Pin Port 3	12
Tabel 2.3	Tabel Terminal I/O pada LCD	17
Tabel 2.4	Fungsi Pin ADC PCF 8591	24
Tabel 4.1	Fungsi Pin ADC PCF 8591	52
Tabel 4.2	Fungsi Pin AT24C16.....	55
Tabel 4.3	Kaidah Pengaturan Katup Alat Penakar Beras Otomatis	59
Tabel 5.1	Hasil Pengukuran dan Pengujian Suhu.....	64
Tabel 5.2	Hasil Pengukuran dan Pengujian Kelembaban.....	66
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Load Cell.....	67
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Optocoupler.....	68
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler	69
Tabel 5.6	Hasil Pengujian ADC PCF8591	70
Tabel 5.7	Hasil Pengujian Berat.....	73



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dapat memberikan akibat positif pada kehidupan manusia antara lain mempermudah pekerjaan yang dilakukan oleh manusia. Pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dikontrol dengan adanya alat-alat elektronika, dan kebutuhan akan informasi yang diperlukan demikian mudah diakses. Kondisi dunia bisnis yang penuh persaingan dan perkembangan teknologi yang terus menerus, menuntut manusia untuk dapat melaksanakan pekerjaan secara cepat dan tepat waktu dengan selalu berkreasi membuat sesuatu yang tepat guna bagi kehidupan manusia itu sendiri.

Sistem penjualan yang berkembang pada dunia bisnis modern saat ini, sebagian besar dilakukan secara otomatis untuk mempermudah pekerjaan manusia. Dengan komputer sebagai alat bantu untuk menghitung dan mampu mengolah data secara cepat dengan kualitas yang lebih terjamin, sangat membantu manusia dalam mengembangkan ide dan kreatifitasnya untuk merancang alat yang tepat guna.

Pada umumnya, sistem penjualan konvensional menggunakan tenaga manusia, sehingga hasilnya kurang efisien dan banyak menguras tenaga. Seringkali pembeli merasa bosan dengan pelayanan yang diberikan oleh pihak penjual, perlu waktu lama untuk melayani, harus menunggu antrian dan kurangnya kebebasan privasi dalam melayani diri sendiri.

Kejadian tersebut di atas dapat dijumpai misalnya pada sistem penjualan beras yang ada saat ini, yaitu menakar dan menimbang terlebih dahulu atau dalam bentuk kemasan yang disediakan atau siap saji dan dibungkus rapi tetapi itu untuk jumlah tertentu seperti 5Kg atau 10Kg, sedangkan bila diperlukan ukuran yang lebih kecil (kurang dari 5kg) tentunya akan membeli pada toko yang melayani pembelian dalam skala kecil atau penjual eceran. Berbeda dengan sistem penjualan BBM pada SPBU yang terlihat lebih praktis dan efisien yaitu, memasukkan jumlah yang diinginkan maka alat penjual BBM akan mengeluarkan jumlah BBM yang sesuai.

Berdasarkan uraian di atas, timbul sebuah ide membuat suatu alat penakar beras otomatis yang menyerupai alat penjual BBM pada SPBU dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52 berbasis logika *fuzzy* pada katup *rice box* serta kontroler ON-

OFF untuk menjaga suhu dan kelembaban beras agar kualitas terjaga. Sistem penakaran beras ini diharapkan mampu melayani konsumen pembeli beras secara otomatis dengan program yang disediakan untuk lebih mempermudah pengoperasiannya dan memberi kepuasan pada pembeli. Dengan sistem penjualan seperti itu diharapkan akan lebih membantu baik pihak pembeli maupun pihak penjual karena dari pihak pembeli dapat melayani dirinya sendiri secara bebas dan cepat. Sedangkan bagi pihak penjual, akan meringankan tugasnya dan dapat memberikan pelayanan secara optimal tanpa menguras tenaga serta pikiran.

1.2 Rumusan Masalah

Latar belakang masalah yang telah diuraikan mendasari rumusan masalah yang ditekankan pada :

1. Bagaimana merancang dan membuat alat penakar beras otomatis?
2. Bagaimana merancang mikrokontroler AT89S52 untuk mengontrol suhu dan kelembaban pada alat penakar beras otomatis?
3. Bagaimana merancang sistem penakar beras berbasis logika fuzzy?

1.3 Batasan Masalah

Rumusan masalah yang begitu luasnya perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus. Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah :

1. Otomatisasi sistem dengan menggunakan mikrokontroller AT89S52 berbasis logika *fuzzy* pada katup *rice box* serta kontroler *ON-OFF* untuk menjaga suhu dan kelembaban beras agar kualitas terjaga.
2. Alat ini melayani pembelian beras dengan jangkauan berat minimal 50gr dan maksimal 2kg dalam sekali pelayanan.
3. Penyimpanan beras dalam *rice box* selama 4,5 – 4,8 bulan dengan kelembaban 60 – 65 % dan suhu 38°C.

1.4 Tujuan

Tujuan dari skripsi ini adalah terciptanya alat penakar beras secara otomatis.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini ditulis dengan sistematika penulisan yang ada. Sistematika penulisan terdiri dari 5 bab. Bab 1 adalah pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan. Bab 2 adalah tinjauan pustaka yang berisi dasar teori penunjang penelitian. Pustaka yang diambil adalah pustaka yang relevan dan sesuai serta mendukung penelitian, seperti buku-buku ilmu pengaturannya, dan lain-lain. Selain dari buku pustaka juga akan diambil dari jurnal, internet dan sumber pengetahuan yang lain. Metode penelitian dan perencanaan alat dibahas pada bab 3 yaitu metodologi. Bab 4 adalah perancangan sistem yang membahas perancangan Otomatisasi sistem dengan menggunakan mikrokontroler AT89S52 berbasis logika *fuzzy* pada katup *rice box* serta kontroler *ON-OFF* untuk menjaga suhu dan kelembaban beras agar kualitas terjaga. Setelah itu, bagaimana menerapkannya dalam sistem secara keseluruhan. Hasil pengujian sistem terhadap alat yang telah direalisasikan ditulis pada bab 5 yaitu pengujian alat. Kesimpulan perancangan dan saran – saran yang diperlukan untuk melakukan pengembangan aplikasi selanjutnya ditulis pada bab 6 yaitu kesimpulan dan saran



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beras

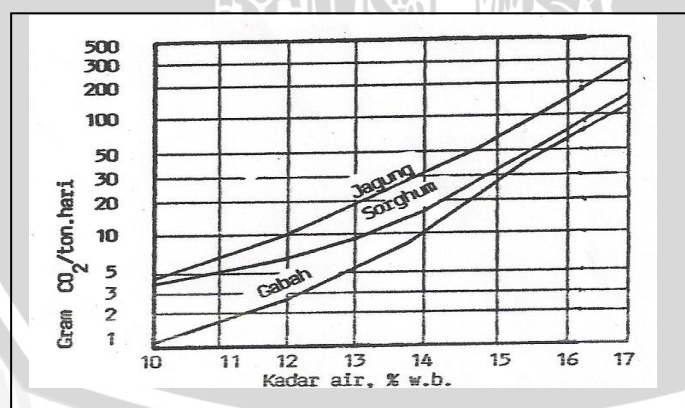
Gabah / beras merupakan struktur bahan hayati yang kaya zat gizi dan masih melakukan kegiatan metabolisme. Oleh sebab itu pada penyimpanannya dapat mengalami perubahan, baik secara fisik, kimiawi, enzimatik dan mikrobiologis yang kompleks, yang mempengaruhi kuantitas dan kualitasnya. Namun demikian penyimpanan yang lama, atau sering dinamakan pengusangan (*aging*) dalam batas-batas tertentu dapat meningkatkan mutu gilingan dan mutu tanak beras. Perubahan pengusangan dapat juga mempengaruhi rasa dan nilai gizi, serta nilai komersial beras (Barber, 1972)

Agar gabah / beras tidak mengalami perubahan yang besar maka harus di simpan pada suhu dan kelembababan yang sesuai.

2.1.1 Hubungan Waktu dan Kadar Air dalam Penyimpanan

Tes laboratorium telah mengukur banyaknya CO_2 yang terjadi pada berbagai temperatur dan kadar air penyimpanan. Temperatur dan kadar air sangat menentukan laju pernapasan biji seperti terlihat pada gambar 2.1

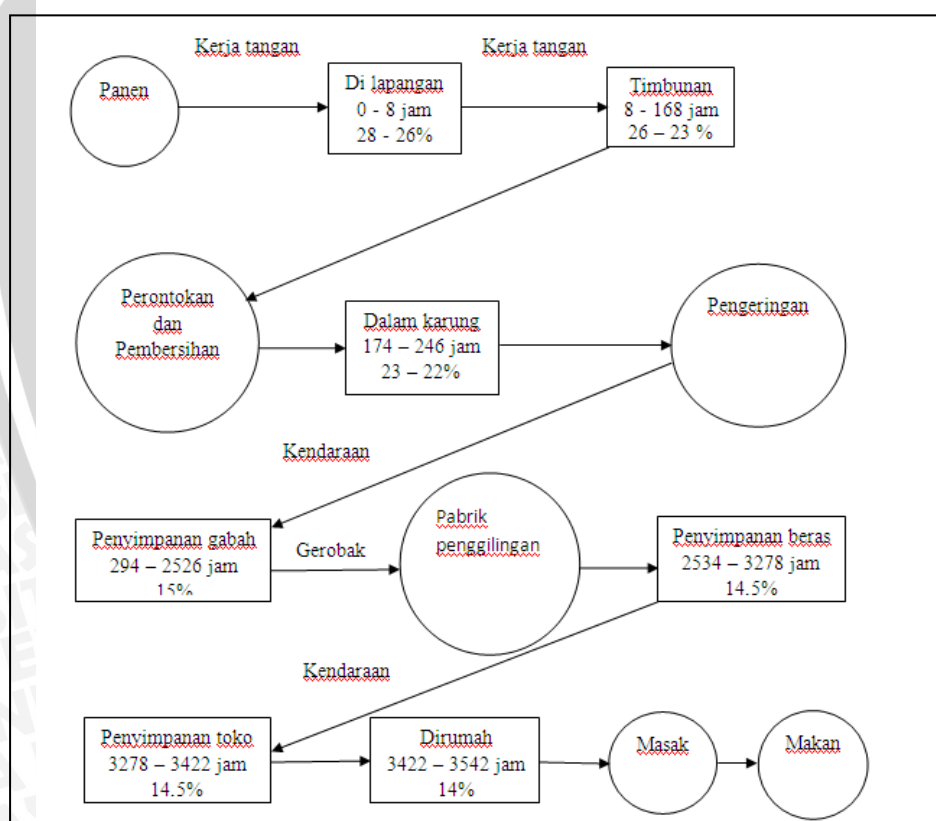
Jika laju pernapasan diketahui jumlah panas dan air yang harus dipindahkan dapat dihitung.



Gambar 2.1 Laju Pernapasan Biji untuk 38°C
Sumber: Teter. N.C, 1979

Ahli penyimpanan yang kurang berpengalaman akan meremehkan laju pernapasan dengan mengambil temperatur keliling sebesar 27° C dan 28° C pada waktu pemanasan biji, dan temperatur yang tepat untuk desain adalah 38° C seperti terlihat pada gambar 2.1

Walaupun kadar air yang terlihat pada gambar 2.1 cukup tinggi untuk penyimpanan jangka panjang angka tersebut tidak berlaku untuk kelembaban yang tinggi dan penyimpanan jangka pendek yang sering dialami dalam sistem lepas panen. Padi yang baru dipotong diletakkan di atas tanah, dikumpulkan dan ditumpuk menjadi tumpukan yang lebih besar disimpan sementara pada kadar air yang tinggi. Susut bahan pada waktu penanganan dalam keadaan basah ini cukup besar, lebih-lebih waktu panen musim hujan. Diagram sistem pada gambar 2.2 menggambarkan antara hubungan waktu, kadar air dan resultante kerusakan pada penyimpanan. Simbol yang digunakan adalah lingkaran untuk operasi, tanda panah untuk hubungan dan segi empat untuk penyimpanan. Waktu dan kadar air juga tertera dalam segi empat. Penentuan secara laboratorium mengenai besarnya susut sangat sulit karena pada kelembaban yang tinggi bakteri dan organisme bersel satu bertambah menjadi filament, ragi dan cendawa



Gambar 2.2 Diagram Sistem Waktu dan Kadar Air dalam Penyimpanan
Sumber: Teter. N.C, 1979

2.1.2 Syarat - Syarat Penyimpanan Benih / Beras

a. Syarat beras yang akan disimpan.

- 1) Biji betul - betul berasal dari dari buah yang masak
- 2) Biji betul - betul kering sempurna. Kadar air berkisar antara 8 – 14%.
- 3) Biji mempunyai daya kecambah tinggi

b. Syarat alat penyimpanan.

- 1) Mempunyai tutup yang rapat, sehingga biji yang disimpan tidak diganggu hama.
- 2) Tidak dapat dimasuki air, yang dapat merusak benih yang disimpan
- 3) Bersih dan suci hama

c. Syarat tempat / gudang penyimpanan.

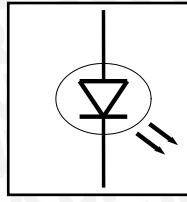
- 1) Bersih dan kering
- 2) Sirkulasi udara dalam gudang harus baik
- 3) Kelembaban berkisar antara 60 – 65%

2.2 Sensor Level (*Optocoupler*)

Optocoupler adalah suatu sensor yang dipakai untuk mengkopel cahaya dari suatu sumber ke detektor tanpa adanya perantara. *Optocoupler* mempunyai sebuah sumber (*source*) yang terangkai secara optik dengan sebuah penerima (*receiver*). Sumber dan penerima ini tertutup dalam satu paket. Alat ini memiliki dua atau lebih terminal input yang terhubung dengan sumber dan dua atau lebih terminal output yang terhubung dengan penerima. Meskipun secara optik terhubung, antara input dan output terisolasi secara elektrik. *Optocoupler* yang digunakan terdiri atas LED sebagai *source* dan *photodiode* sebagai *receiver*.

2.2.1 *Light Emitting Diode (LED) Infra Merah*

LED infra merah digunakan untuk menghasilkan sinar infra merah. Prinsip kerjanya adalah pada waktu LED infra merah dibias maju, elektron dari pita konduksi melewati *junction* dan jauh ke dalam *hole* pita valensi, sehingga elektron-elektron tersebut memancarkan energi. Pada dioda penyearah biasa, energi ini dikeluarkan sebagai energi panas. Tetapi pada LED, energi ini dipancarkan sebagai cahaya. Sedangkan pada LED infra merah memancarkan cahaya yang tidak kelihatan. Simbol dan bentuk fisik LED infra merah yang sering digunakan ditunjukkan dalam Gambar 2.3



Gambar 2.3 Simbol LED Infra Merah
Sumber: Motorola Semiconductor, 1989: 4-11

LED infra merah merupakan PN *junction* yang memancarkan radiasi infra merah yang tidak terlihat oleh mata. Apabila pada anoda diberi tegangan positif dan katoda ke ground, maka LED menjadi aktif dan arus akan mengalir dari anoda ke katoda. Pada reaksi semikonduktor suatu dioda akan terjadi perpindahan elektron dari tipe N menuju tipe P dan berpindahnya *hole* dari tipe N. Proses rekombinasi antara elektron dan *hole*, mengakibatkan pelepasan energi berupa pancaran cahaya.

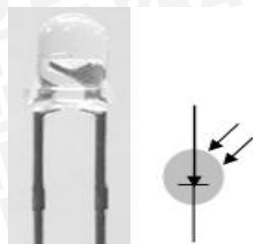
Efisiensi pancaran cahaya akan berkurang, dengan berkurangnya arus *input* dan kenaikan suhu. Pada LED infra merah cahaya yang dipancarkan mempunyai panjang gelombang yang sangat kecil, sehingga pancaran gelombang tersebut tidak tertangkap oleh mata manusia.

2.2.2 Photodioda

Photodioda dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer adalah silicon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Material ini menyerap cahaya dengan karakteristik panjang gelombang mencakup: 2500 Å - 11000 Å untuk silicon, 8000 Å – 20,000 Å untuk GaAs. Ketika sebuah photon (satu satuan energi dalam cahaya) dari sumber cahaya diserap, hal tersebut membangkitkan suatu elektron dan menghasilkan sepasang pembawa muatan tunggal, sebuah elektron dan sebuah hole, di mana suatu hole adalah bagian dari kisi-kisi semikonduktor yang kehilangan elektron. Arah Arus yang melalui sebuah semikonduktor adalah kebalikan dengan gerak muatan pembawa. cara tersebut didalam sebuah photodiode digunakan untuk mengumpulkan photon - menyebabkan pembawa muatan (seperti arus atau tegangan) mengalir/terbentuk di bagian-bagian elektroda.

Photodioda digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh Infrared. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodioda tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh infrared.





Gambar 2.4 Gambar Photodioda

Sumber: http://vurcanelectronic.blogspot.com/2008_10_13_archive.html, 2008

2.3 Sensor Berat (*Load Cell*)

Load cell adalah sebuah transduser yang digunakan untuk mengubah gaya tekanan menjadi besaran elektrik. Meskipun banyak jenisnya, *load cell* yang didasarkan *strain gage* adalah jenis yang paling banyak digunakan. Pada tahun 1843, fisikawan Inggris Sir Charles Wheatstone menemukan sebuah rangkaian penghubung yang dapat mengukur tahanan elektrik. Biasanya sensor *load cell* ini terdiri dari empat *strain gage* dalam jembatan wheatstone, tetapi ada juga yang terdiri dari satu atau dua *strain gauge*. Rangkaian penghubung wheatstone digunakan untuk mengukur perubahan tahanan yang terjadi pada *strain gage*. Pada sensor *loadcell* dihubungkan dengan driver *loadcell*. *Load cell strain gage* memiliki tingkat akurasi dari 0,03% sampai 0,25% skala penuh dan cocok digunakan hampir di semua aplikasi industri. Desain *load cell* dapat dibedakan menurut jenis sinyal keluarannya (pneumatik, hidrolis, listrik) atau sesuai dengan cara mendeteksi beratnya (lentur, geser, ketegangan, dll)

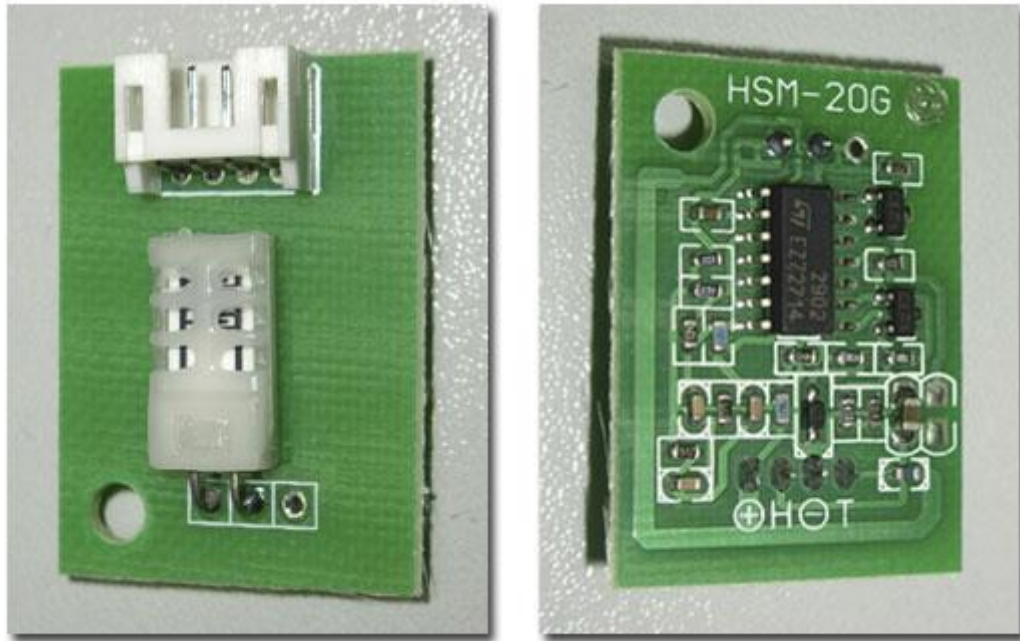


Gambar 2.5 Load Cell Tipe Balok

Sumber: <http://www.omega.com/pptst/LC501.html>, Juni 2010

2.4 Sensor Suhu dan Kelembaban (HSM 20G)

Sensor HSM- 20G adalah sensor pengukur kelembaban dan temperature. Di mana wujud dari humidity sensor tersebut seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Sensor Suhu dan Kelembaban (HSM 20G)

Sumber: http://www.imariscal.es/user_upload/Image/Arduino/hsm20g.jpg

Sensor Humidity HSM-20G di mana kelembaban relatif bisa dikonversi ke tegangan yang standart. Macam-macam dari jenis aplikasi yang dapat digunakan oleh sensor ini adalah lembab, dan sangat lembab, untuk AC dan lain – lain.

Sensor ini mempunyai beberapa karakteristik dimana batas input tegangan DC 5 ± 0.2 volt, batas output tegangan adalah sebesar DC 1-3 volt, akurasi pengukuran $\pm 5\%$ RH, batas operasi RH 20-95% (100%RH intermittent), kondensasi transient $< 3\%$ RH batas storage temperature $-20^{\circ}\text{C} - 70^{\circ}\text{C}$, batas operasi temperatur $0^{\circ}\text{C} - 50^{\circ}\text{C}$, hysteresis (25°C) maksimal 2% RH, sangat linier, respon waktu (63% perubahan step) 1 menit.

Semua standart alat ini berdasarkan variasi kelembaban di bawah 60% RH pada saat 25°C , kelengkapan semua tes-tes yang ada, modul ini akan melewati batas bawah nominal lingkungan dan juga kelembaban untuk 24 jam.

Tabel 2.1 Spesifikasi HSM20G

Characteristics	HSM20G
Input voltage range	DC 5.0 ± 0.2 V

Output voltage range	DC 1.0-3.0 V
Measurement Accuracy	±5% RH
Operating Current (Maximum)	2 mA
Storage RH range	0 to 99% RH
Operating RH range	20 to 95% (100% RH intermittent)
Transient Condensation	<3% RH
Storage temperatur range	-20 ⁰ C to 70 ⁰ C
Operating temperatur range	0 ⁰ C to 50 ⁰ C
Hysterisis (RH @25 ⁰ C)	MAX 2% RH
Long term stability (typical drift per year)	±1.5%
Linearity	Linearity
Time response (63% step change)	1 min
Dimensions(L*W)	34mm*22mm

Sumber : <http://www.szgeha.com/uploadfile/product/2008119154715655.pdf>, 2008

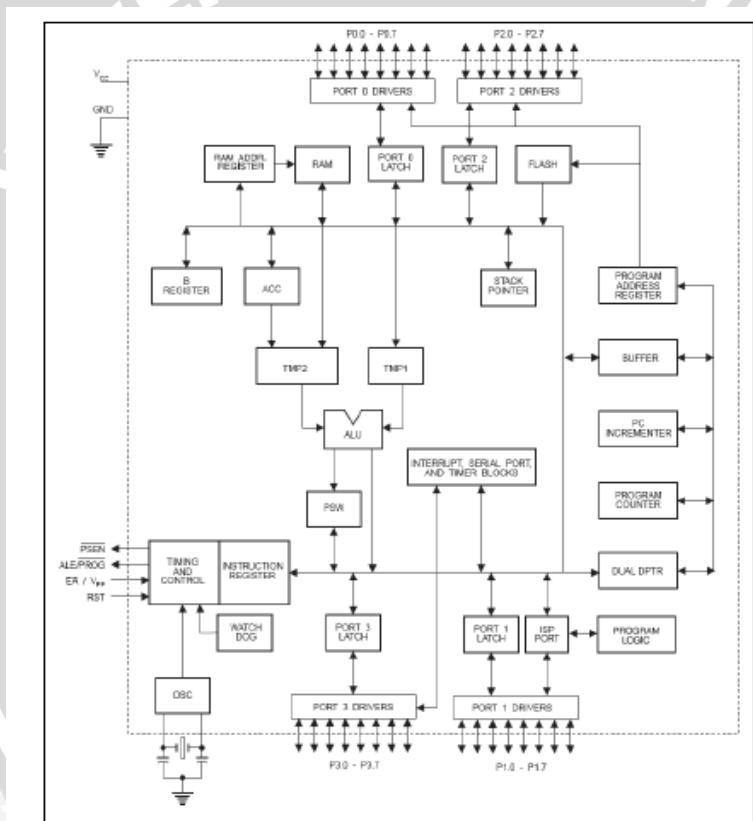
2.5 Mikrokontroler AT89S52

AT89S52 merupakan mikrokontroler keluaran Atmel dengan 8K *byte* Flash PEROM (*Programmable and Erasable Read Only Memory*), AT89S52 merupakan memori dengan teknologi *nonvolatile*, isi memori dari AT89S52 dapat diisi ulang ataupun dihapus berkali-kali.

Memori ini biasa digunakan untuk menyimpan *instruksi* (perintah) berstandart MCS-51 *code* sehingga memungkinkan memori ini untuk bekerja dalam model *single chip operation* (mode operasi keping tunggal) yang tidak memerlukan *external memory* (memori luar) untuk menyimpan *source code* tersebut. Gambar 2.7 menunjukkan pin-pin AT89S52.

P1.0	1	40	VCC
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	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.7 Pin AT89S52
Sumber: Atmel, 2005



Gambar 2.8 Diagram Blok AT89S52
Sumber: Atmel, 2005

Fungsi dari tiap-tiap pin pada mikrokontroler AT89S52 yang ditunjukkan dalam Gambar 2.8 sebagai berikut:

A. Pin 1 sampai 8 (Port 1)

Merupakan port paralel 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk I/O biasa atau menerima *low order address bytes* pada saat *Flash Programming*.



Port ini mempunyai *internal pull up* dan berfungsi sebagai *input* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* 1 dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input TTL*.

B. Pin 9 (RST)

Masukan *reset* yang aktif dengan memberikan *input high* selama 2 siklus mesin. Pin ini dihubungkan ke rangkaian *power on reset*.

C. Pin 10 sampai 17 (Port 3)

Merupakan *port* paralel 8 bit dua arah yang dapat digunakan untuk I/O biasa. Memiliki fungsi khusus yang tampak pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Deskripsi Alternatif Pin Port 3

Kaki Port	Fungsi alternatif	Keterangan
P3.0	RXD	<i>serial input</i>
P3.1	TXD	<i>serial output</i>
P3.2	INT0	<i>external interrupt 0</i>
P3.3	INT1	<i>external interrupt 1</i>
P3.4	T0	<i>timer 0 external input</i>
P3.5	T1	<i>timer 1 external output</i>
P3.6	WR	<i>external data memory write strobe</i>
P3.7	RD	<i>external data memory read strobe</i>

Sumber: Atmel, 2005

D. Pin 18 (XTAL1)

Pin masukan ke rangkaian osilator internal. Sumber osilator luar juga dapat digunakan.

E. Pin 19 (XTAL2)

Pin keluaran ke rangkaian osilator internal, dipakai bila menggunakan osilator kristal.

F. Pin 20 (GND)

Dihubungkan ke Vss atau *ground*.

G. Pin 21 sampai 28 (Port 2)

Merupakan *port* paralel dua arah yang dapat digunakan sebagai I/O biasa dan *high order address* pada saat mengakses memori secara 16 bit. Pada saat mengakses memori secara 8 bit, *port* ini mengeluarkan isi dari *port 2* berupa *Special Function Register*. *Port 2* mempunyai *internal pull up* dan berfungsi sebagai *input* dengan

memberikan logika 1. Sebagai *output*, *port* 2 dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL.

H. Pin 29 (PSEN)

Program Store Enable (PSEN) merupakan sinyal pengontrol yang digunakan mengeksekusi program yang terletak pada memori eksternal masuk ke dalam *bus* selama proses pengambilan instruksi (*fetching*). PSEN aktif dua kali setiap siklus mesin, kecuali dua aktivasi PSEN dilompati saat mengakses memori data eksternal.

I. Pin 30 (ALE/PROG)

Berfungsi sebagai *Address Latch Enable* (ALE) yang menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi. Sedangkan pada saat *Flash Programming* (PROG) berfungsi sebagai *pulse input* untuk operasi normal ALE akan mengeluarkan sinyal *clock* pada pin ini dapat pula di-*disable* dengan men-*set bit* 0 dari *Special Function Register* di alamat 8EH. ALE hanya akan aktif pada saat mengakses memori eksternal (MOVX & MOVC).

J. Pin 31 (EA/VP)

Pada kondisi *low*, pin akan berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori eksternal setelah sistem di-*reset*. Jika berkondisi *high* pin ini berfungsi untuk menjalankan program pada memori internal. Pada saat *Flash Programming* pin ini akan mendapat tegangan 12 volt (VP).

K. Pin 32 sampai 39 (Port 0)

Merupakan *port* paralel dua arah yang dapat digunakan sebagai I/O biasa, *low order multiplex address/data* ataupun menerima kode *byte* pada saat *Flash Programming*. Pada fungsi sebagai I/O biasa *port* ini dapat memberikan *output sink* ke delapan buah TTL *input* atau dapat diubah sebagai *input* dengan memberikan logika 1 pada *port* tersebut. Pada fungsi sebagai *low order multiplex address/data port* ini akan mempunyai *internal pull up*. Pada saat *Flash Programming* diperlukan *external pull up* terutama pada saat verifikasi program.

L. Pin 40 (Vcc)

Dihubungkan ke *Power Supply* (Vcc).

2.6 Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal dibentuk berdasarkan hubungan yang linier antara tegangan keluaran dan tegangan masukan rangkaian. Hubungan ini dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan garis lurus, yaitu:

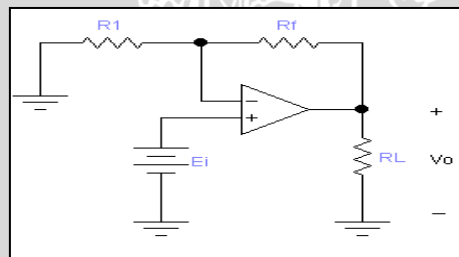
$$V_{out} = mV_{in} + V_o \quad (2 - 1)$$

Dengan : m adalah kemiringan garis yang menyatakan penguatan

V_o adalah tegangan offset keluaran

2.6.1 Penguat Tak Membalik (Non Inverting Amplifier)

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



Gambar 2.9 Penguat Tak Membalik
Sumber: Coughlin,1994:47

Tegangan keluaran V_o mempunyai polaritas yang sama dengan tegangan masukan E_i . Tahanan masukan dari masukan pembalik adalah R_i tetapi tahanan masuka3 dari masukan tak membalik adalah besar, biasanya melebihi 100 M Ω . karena tegangan antara masukan (+) dan masukan (-) secara praktis adalah 0 maka kedua masukan itu berada pada potensial yang sama yaitu E_i . Karena E_i melintasi R_1 dan E_i menyebabkan arus I mengalir seperti diberikan oleh

$$I = \frac{E_i}{R_1} \dots\dots\dots (2-2)$$

Arah I tergantung pada polaritas E_i , arus yang mengalir lewat masukan (-) diabaikan karenanya I mengalir melalui R_f dan penurunan tegangan melintasi R_f dinyatakan oleh V_{Ri} dan dinyatakan sebagai

$$V_{Rf} = I.(R_f) = \frac{R_f}{R_1} x E_i \dots\dots\dots (2-3)$$

Maka tegangan keluaran V_o adalah

$$V_o = E_i + \frac{R_f}{R_1} \cdot E_i \dots\dots\dots (2-4)$$

$$V_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \cdot E_i \dots\dots\dots (2-5)$$

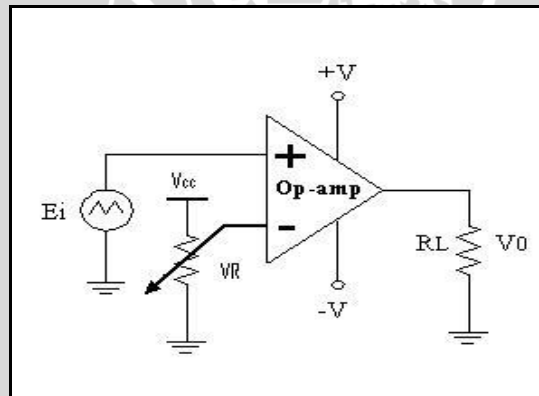
dengan begitu gain tegangannya yaitu

$$A_{CL} = \frac{V_o}{E_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1} \dots\dots\dots (2-6)$$

2.6.2 Komparator

Sebuah pembanding membandingkan tegangan isyarat pada satu masukan dengan suatu tegangan acuan pada masukan lainnya. Op-amp serba guna telah digunakan sebagai tambahan untuk IC yang telah dirancang untuk pembanding.

Tegangan keluaran op-amp serbaguna tidak berubah dengan sangat cepat. Lagi pula, keluarannya berubah-ubah di antara batas-batas yang ditetapkan oleh tegangan-
tegangan jenuh, $+V_{sat}$ dan $-V_{sat}$ yang biasanya kira-kira $\pm 12V$. Karena itu keluaran tersebut tidak dapat menggerakkan piranti, misalnya semacam IC logik digital TTL, yang memerlukan taraf tegangan antara 0 dan $+5V$.



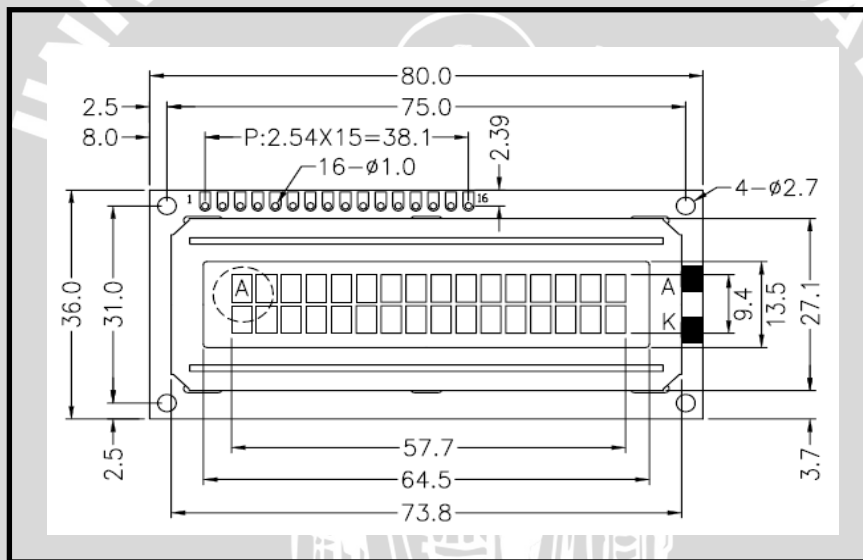
Gambar 2.10 Rangkaian Komparator
Sumber: Coughlin,1992: 19

2.7 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. Yang lebih sering digunakan adalah LCD.

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

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



Gambar 2.11 LCD M162A
Sumber: www.Datasheet4U.com

Konfigurasi terminal I/O pada sebuah LCD akan tampak seperti pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Tabel Terminal I/O pada LCD

Pin	Simbol	Level	Fungsi	
1	Vss	-	Power	0V
2	Vcc	-	Suppl	5V ± 10%
3	Vee	-	y	Kontras LCD
4	RS	H/L	H = data input L = instruction input	
5	R/W	H/L	H = read L = write	
6	E	H, H to L	Enable signal	
7	DB0	H/L	<i>Data bus</i>	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL	-	Bac	4 – 4,2V
16	V-BL	-	k light	0V (GND)

Sumber : *TM162ABC LCD Module User Manual, 2005: 4*

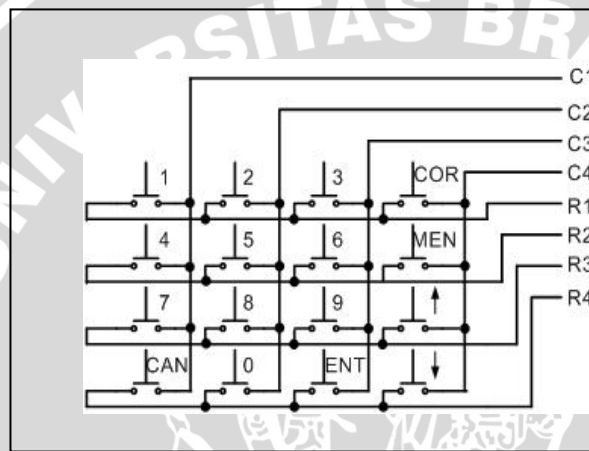
Dari Tabel 2.3 terlihat bahwa LCD TM162ABC mempunyai 8 bit data (*bidirectional bus*) dan 3 buah sinyal kontrol yaitu RS, R/W dan E. Ketiga sinyal kontrol tersebut mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. RS digunakan untuk memilih register yaitu register IR (*Instruction Register*) atau DR (*Data Register*).
2. R/W digunakan untuk memilih fungsi membaca atau menulis pada kedua register IR dan DR.
3. E berguna untuk memberikan sinyal pada bahwa data akan ditulis atau dibaca ke register.

Mode pengiriman data antara mikrokontroler dengan LCD dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Mode *interface* data 4 bit. Hanya 4 buah jalur data *bus* (DB4 sampai DB7) yang digunakan untuk transfer data. Jalur *bus* data D0 sampai D3 diabaikan. Pada mode ini 4 bit data MSB dikirim terlebih dahulu, kemudian 4 bit LSB. *Busy flag* harus diperiksa setelah 4 bit data ditransfer dua kali.
2. Mode transfer data 8 bit, semua jalur *bus* data (D0 sampai D7) digunakan dalam proses pengiriman.

2.8 Keypad Matrix 4x4



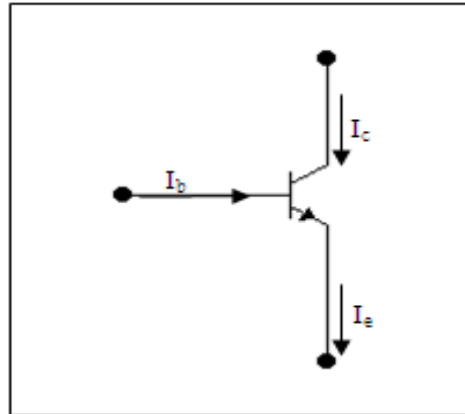
Gambar 2.12 Rangkaian Dasar Keypad 4x4

Sumber: <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroler%20bab7%20Keypad.htm>,
Juni 2010

Keypad sering digunakan sebagai suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprocessor atau mikrokontroler. Keypad sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom dengan susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12. Agar mikrokontroler dapat melakukan scan keypad, maka port mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika high “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris.

2.9 Transistor

Transistor merupakan salah satu komponen aktif yang dapat menghasilkan arus yang besar pada emiter akibat arus basis yang lebih kecil. Simbol transistor NPN ditunjukkan dalam Gambar 2.13



Gambar 2.13 Transistor NPN
Sumber : Malvino, 1999 : 197

2.9.1 Persamaan Transistor

Sesuai dengan hukum arus Kirchoff, jumlah arus yang masuk pada titik atau sambungan sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik atau sambungan itu. Jika diterapkan pada transistor maka,

$$I_e = I_b + I_c \quad (2-7)$$

Persamaan tersebut mengatakan bahwa arus emiter merupakan jumlah arus kolektor dan basis. Karena arus basis sangat kecil, arus emiter kira-kira sama dengan arus kolektor. β_{dc} didefinisikan sebagai rasio arus kolektor DC dengan arus basis DC. β_{dc} merupakan besaran yang penting dalam perancangan transistor sebagai penguat.

$$\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_b} \quad (2-8)$$

β_{dc} juga dikenal sebagai gain arus. Karena arus basis yang kecil dapat menghasilkan arus kolektor yang lebih besar. Penguatan arus adalah keuntungan utama sebuah transistor dan telah dipakai pada banyak aplikasi. Untuk transistor daya rendah (dibawah 1 W), gain arus biasanya 100 – 300. Transistor daya tinggi (diatas 1 W) biasanya memiliki gain arus 20 -100.

2.9.2 Garis Beban DC

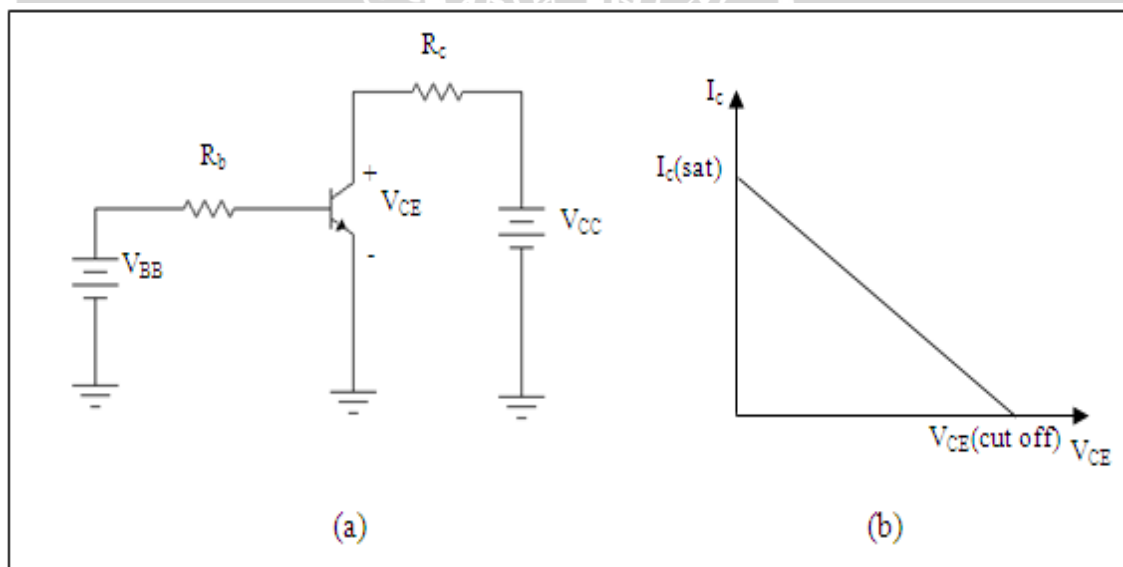
Rangkaian dalam Gambar 2.14(a) merupakan contoh bias basis, yang berarti mengatur nilai tetap arus basis. Dari rangkaian dalam Gambar 2.14(a) besar tegangan kolektor-emiter (V_{CE}) ditentukan dengan:

$$V_{ce} = V_{cc} - I_c R_c \quad (2-9)$$

Penyelesaian I_c akan menghasilkan :

$$I_c = \frac{V_{cc} - V_{ce}}{R_c} \quad (2-10)$$

Jika kita menggambarkan Persamaan 2-10 (I_c terhadap V_{CE}), kita akan mendapatkan sebuah garis lurus. Garis ini dinamakan garis beban karena menggambarkan pengaruh beban pada I_c dan V_{CE} . Persamaan 2-10 merupakan persamaan linear, sehingga grafiknya merupakan garis lurus. Gambar garis beban ditunjukkan dalam Gambar 2.14(b)



Gambar 2.14 (a) Bias Basis Transistor, (b) Garis Beban DC
Sumber : Malvino, 1999 : 235

Perpotongan garis beban dengan I_c disebut penjenuhan. Pada titik ini, arus kolektor adalah maksimum. Titik ini disebut juga titik jenuh (*saturation*). Titik jenuh menyatakan arus maksimum kolektor yang mungkin pada rangkaian. Arus kolektor penjenuhan adalah:

$$I_c(sat) = \frac{V_{cc}}{R_c} \quad (2-11)$$

Titik cut off adalah titik dimana garis beban berpotongan dengan V_{CE} . Titik cut off menyatakan tegangan kolektor-emiter maksimal yang mungkin dalam rangkaian. Besar $V_{CE}(\text{cut off})$ adalah sama dengan V_{CC} .

2.9.3 Saklar Transistor

Transistor dapat difungsikan seperti saklar yang memiliki dua keadaan yaitu on dan off. Transistor yang berfungsi sebagai saklar hanya memiliki dua tegangan keluaran yaitu tegangan keluaran rendah dan tegangan keluaran tinggi. Dengan kata lain, transistor hanya beroperasi pada keadaan jenuh dan cutoff. (Malvino, 1999)

2.10 Memory External EEPROM AT24C16

Skripsi ini menggunakan serial EEPROM AT24C16, yang dapat melakukan penyimpanan sebesar 16 kilobit data. Dengan bentuknya yang kecil, terdiri dari 8 pin, serial EEPROM ini mempunyai keunggulan dapat mengatasi masalah keterbatasan pin yang digunakan oleh mikrokontroler AT89S52.

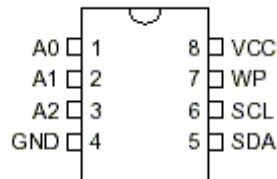
2.10.1 Fitur – Fitur

Serial EEPROM AT24C16 memiliki fitur – fitur sebagai berikut:

- Dapat bekerja pada *range* tegangan:
 - 5 V ($V_{CC} = 4,5 \text{ V} - 5,5 \text{ V}$)
 - 2,7 V ($V_{CC} = 2,7 \text{ V} - 5,5 \text{ V}$)
 - 2,5 V ($V_{CC} = 2,5 \text{ V} - 5,5 \text{ V}$)
 - 1,8 V ($V_{CC} = 1,8 \text{ V} - 5,5 \text{ V}$)
- *Serial interface* 2 kabel.
- Prorokol transfer data secara *bidirectional*.
- Untuk $V_{CC} = 5\text{V}$ bias sampai dengan frekuensi 400kHz
- Terdapat *pin write protect* untuk proteksi data.
- Mode *page write* 16 byte.
- Diiijinkan untuk *partial page write*.
- Memiliki *write time cycle*, maksimum 10 ms.
- Memiliki realibilitas tinggi:
 - Dapat ditulis berulang – ulang sampai 1 juta kali.
 - Daya tahan validitas data sampai 100 tahun.

- Dapat digunakan untuk otomotif dan peralatan – peralatan yang berhubungan dengan temperatur.

2.10.2 Deskripsi Pin



Gambar 2.15 Konfigurasi Pin Serial EEPROM AT24C16

Sumber: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/atmel/doc0180.pdf>, Juni 2010

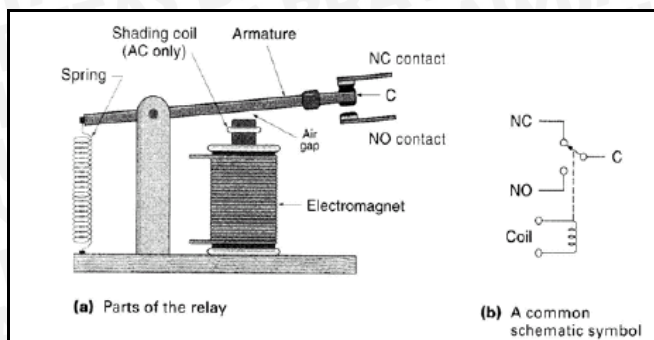
Serial EEPROM AT24C16 memiliki pin sebanyak 8 buah, berikut adalah penjelasan masing – masing pinnya:

- A0 – A2 : Pin input untuk pengalamatan secara hardware
- GND : Pin ground
- SDA : Pin data sebagai jalur transfer data
- SCL : Pin ini difungsikan untuk mengaktifkan clock pada serial EEPROM ini sendiri
- WP : Pin ini berfungsi sebagai *write protect pin* (akan berfungsi jika dihubungkan pada Vcc). Berfungsi normal jika dihubungkan pada ground.
- VCC : Pin supply tegangan dari EEPROM 4,5V – 5,5V.

2.11 Relay

Relay adalah sebuah alat elektromagnetik 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*). *Normally Close* 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 memberi daya yang kecil pada kumparannya. Skema relay elektromekanik ditunjukkan dalam Gambar 2.16 di bawah ini:



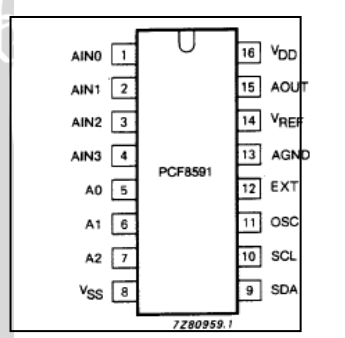
Gambar 2.16 Skema Relay Elektromekanik.

Sumber: Christopher, 1996

Karena relay adalah alat elektromagnetik yang dapat membangkitkan tegangan mundur, maka sebuah dioda harus dipasang dalam rangkaian untuk melindungi transistor yang ada.

2.12 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter atau lebih dikenal dengan ADC adalah sebuah piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital. ADDA merupakan Analog Input Output add-on board untuk mikrokontroler AT89S52 Development Tools DT51 yang menggunakan I2C-bus. DT51 I2C ADDA digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital atau sebaliknya. ADDA PCF8591 terdiri atas 16 pin yang ditunjukkan dalam gambar 2.17 dan fungsi masing-masing pin ditunjukkan dalam tabel 2.4



Gambar 2.17 Susunan Pin ADDA PCF 8591

Sumber: Philips, 1998: 5

Spesifikasi yang dimiliki oleh DT51 I2C ADDA adalah:

1. Kompatibel penuh dengan mikrokontroler AT89S52 development Tools DT51.
2. Hanya perlu dua jalur kabel untuk antarmuka dengan mikrokontroler.
3. Analog input 4 channel 8 bit.

4. Analog output 1 chanel 8 bit.
5. Input range tegangan 0 V – 2,5 V.
6. Spesifikasi ADDA PCF8591 adalah 10mV/bit

Tabel 2.4 Fungsi Pin ADDA PCF8591

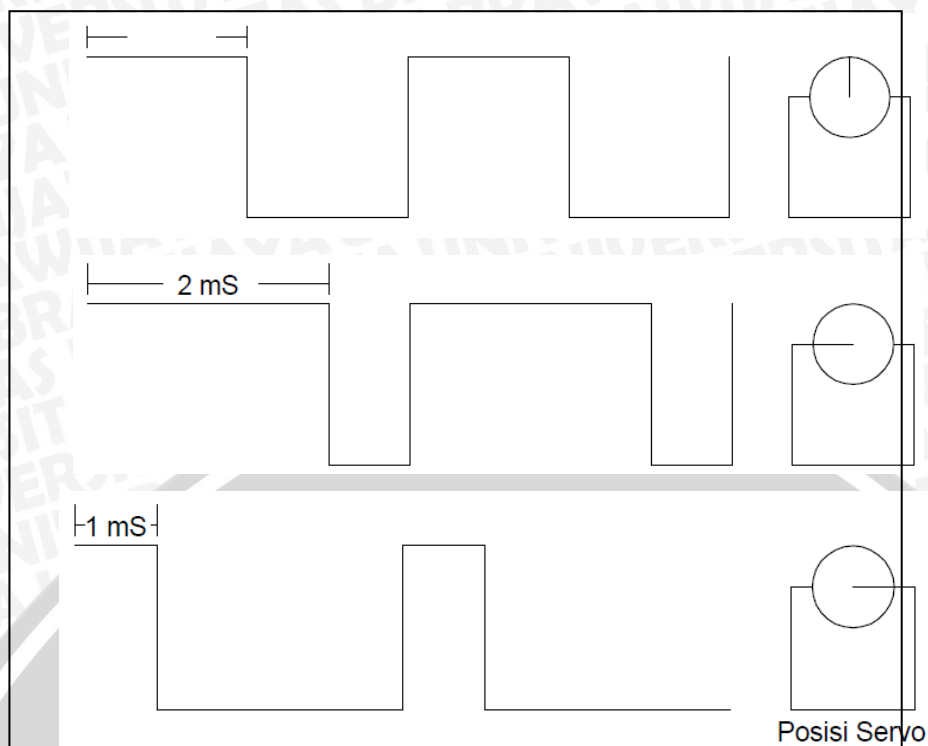
SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V _{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I ² C-bus data input/output
SCL	10	I ² C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V _{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V _{DD}	16	positive supply voltage

Sumber : Philips Semiconductor, 1998: 5

2.13 Motor DC Servo

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, dan rangkaian kontrol.

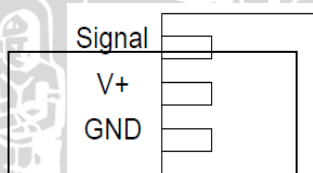
Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 mS pada periode selebar 2 mS maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.



Gambar 2.18 Teknik PWM Untuk Mengatur Sudut Motor Servo

Sumber: www.robotindonesia.com

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinu.



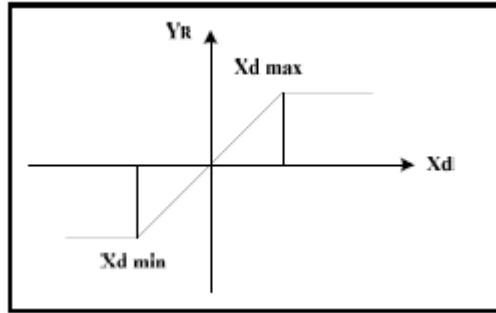
Gambar 2.19 Pin Out Kabel Motor Servo

Sumber: www.robotindonesia.com

Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagianbagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

2.14 Kontroler ON-OFF

Kontrol *On-Off* adalah suatu kontroler tak linier yang paling sederhana yang hanya memiliki 2 kondisi tetap yaitu “on” dan “off”. Di bawah ini adalah gambar karakteristik statis pengendali tak linier.



Gambar 2.20 Karakteristik Statis Pengendali Tak Linear.
Sumber: Ogata,1991

Kontroler tak linear memiliki karakteristik statis

$$y_R = f x_d \tag{2-12}$$

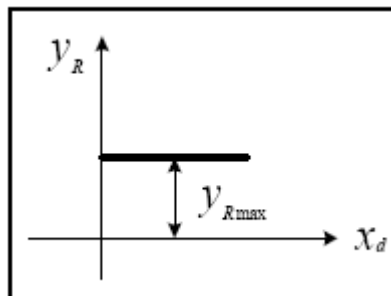
Jika besaran masukan kontroler x_d mengalami perubahan dari x_{dmin} sampai dengan x_{dmax} , maka keluaran kontroler akan berubah secara kontinu sebagaimana diwakili oleh sebuah garis linear. Namun setelah besaran masukan melebihi batas-batas harga minimal dan maksimal tersebut, besaran keluaran akan memiliki harga konstan tertentu.

Kontrol *On-Off* merupakan kontroler tak linier yang paling sederhana. Sesuai dengan namanya, kontroler *On-Off* hanya memiliki 2 kondisi tetap yaitu “on” dan “off”. Pada kontrol dua posisi hanya memiliki dua buah keluaran, yaitu:

- $y_R = 0$ atau (2-13)

- $y_R = y_{Rmax}$ (2-14)

Kedua besaran keluaran itu tergantung pada keadaan besaran masukan, apakah $x_d \geq 0$ atau $x_d < 0$.



Gambar 2.21 Karakteristik Statis Pengendali *On-Off*
Sumber: Ogata,1991

Masukan kontroler *On-Off* bersal dari selisih antara sinyal yang diinginkan dengan sinyal aktual (variabel yang diatur). Jika selisih kedua sinyal berharga positif, kontroler *On-Off* akan berada pada kondisi “*On*”, sedangkan jika selisih antara kedua sinyal adalah negatif maka kondisi kontroler akan “*Off*”.

2.15 Kontrol Logika Fuzzy

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

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

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

Sebuah sistem berbasis logika *fuzzy* dapat mengurangi ketidakakuratan yang terjadi pada sistem klasik. Himpunan klasik (*crisp set*) memiliki persyaratan keanggotaan yang membatasi nilai anggota-anggota himpunannya hanya pada satu atau nol saja. Batasan dari logika ini terdefinisi dengan tajam pada angka nol dan satu, sehingga tingkat keakuratannya menjadi rendah. Sedangkan pada himpunan *fuzzy*, sebuah himpunan unsur-unsur atau anggota himpunan dapat menjadi anggota himpunan dengan tingkat keanggotaan antara nol sampai satu. Ada transisi yang bertahap dari unsur yang menjadi anggota atau bukan anggota himpunan dalam sebuah himpunan *fuzzy*.

Himpunan Fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 30, 27, 60, dsb.

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

- a. Variabel fuzzy

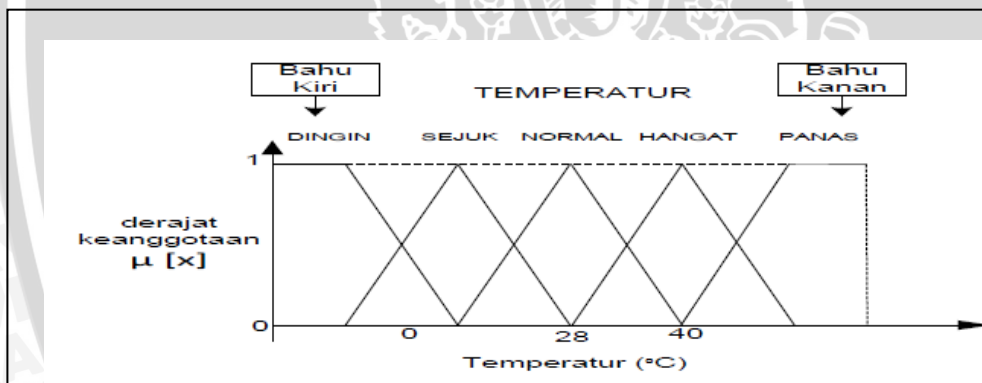
Variable fuzzy merupakan variable yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh: temperatur, kelembaban, umur, dsb.

- b. Himpunan fuzzy

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

Contoh:

Variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS. (Gambar 2.22).



Gambar 2.22 Himpunan Fuzzy pada Variabel Temperatur

Sumber : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18098/4/Chapter%20II.pdf>

- c. Semesta pembicaraan

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

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel temperature: $[0 \ 15 \ 20 \ 25 \ 30 \ 35]$

- d. Domain

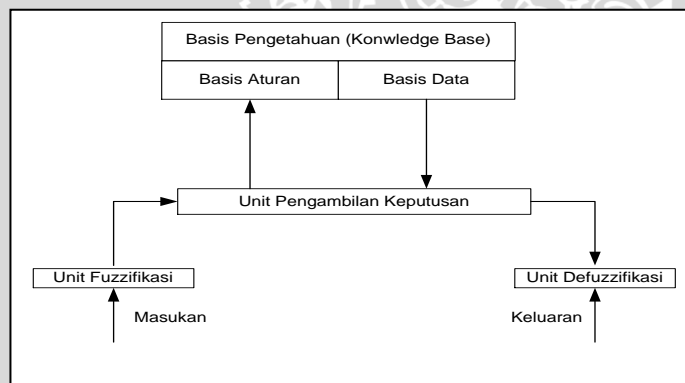
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat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

Contoh domain himpunan fuzzy:

- Dingin = [0 20]
- Sejuk = [15 25]
- Normal = [20 30]
- Hangat = [25 35]
- Panas = [30 40]

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

Diagram blok sistem logika fuzzy digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.23 Struktur Kontroler Logika Fuzzy Dasar

Sumber: Jun Yan, dkk., 1994 : 47

Elemen utama kontroler logika *fuzzy* terdiri dari unit fuzzifikasi, unit mekanisme pengambil keputusan, unit defuzzifikasi, dan unit basis pengetahuan. Basis pengetahuan terbagi dua yaitu basis data untuk menentukan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dan basis aturan untuk memetakan nilai *fuzzy* dari masukan ke nilai keluaran.

Kontrol logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel *input* ke variabel *output* dengan pernyataan *If-Then*.

Pengontrol ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik, proses ini disebut defuzzifikasi.

Logika fuzzy bekerja dengan mengubah variabel kontrol *crisp* (pelan, cepat, dingin, panas) ke dalam tingkatan yang lebih halus (agak pelan, cukup cepat, sejuk, hangat) dengan derajat keanggotaan yang bervariasi. hanya merupakan penataan komponen *software* yang unik yang memungkinkan pengetahuan seorang pakar bisa digunakan orang lain dalam memecahkan masalah dan membuat keputusan dalam domain pengetahuan tertentu.

2.15.1 Unit Fuzzifikasi

Seperti yang terlihat dalam Gambar 2.23 di atas, salah satu komponen kunci logika fuzzy adalah unit fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses perubahan dari variable nonfuzzy (*crisp*, contohnya: 25, 40, 50). menjadi variable fuzzy (contohnya: muda, parobaya, tua).

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

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut :

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \tag{2-15}$$

dengan : x_0 = vektor nilai *crisp* variabel masukan

x = vektor himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

fuzzifier = operator fuzzifikasi yang memetakan

himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

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

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

2.15.2 Basis Pengetahuan (Knowledge Base)

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

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

Pengetahuan dapat terdiri dari fakta, pemikiran, teori, prosedur dan hubungannya satu sama lain. Pengetahuan juga merupakan informasi terorganisasi dan teranalisa agar bisa lebih mudah dimengerti dan bisa diterapkan pada pemecahan masalah dan pengambilan keputusan.

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

Dengan pangkalan pengetahuan dan kemampuan untuk menarik kesimpulan melalui pengalaman, komputer dapat disejajarkan sebagai alat bantu yang bisa digunakan secara praktis dalam memecahkan masalah dan pengambilan keputusan. Dengan teknik pelacakan pangkalan pengetahuan untuk mencari fakta dan hubungannya

yang relevan, komputer bisa mencapai satu atau lebih solusi alternatif pada masalah yang diberikan pangkalan pengetahuan komputer dan kemampuan inferensi telah meningkatkan daya guna komputer bagi manusia.

2.15.3 Basis Aturan

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

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

If (kondisi), *Then* (aksi) (2-16)

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

2.15.4 Basis Data

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

2.15.5 Unit Pengambilan Keputusan (Inference)

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

Keputusan yang dihasilkan dari proses ini masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Diantara bermacam-macam metode pengambilan

keputusan yang ada yang paling umum digunakan di industri adalah metode pengambilan keputusan MAX-MIN yang akan diperlihatkan sebagai berikut :

Diasumsikan suatu basis aturan kontrol fuzzy dengan hanya dua aturan :

$$\text{Aturan 1} \quad \text{IF } x = A_1 \text{ AND } y = B_1 \text{ THEN } z = C_1$$

$$\text{Aturan 2} \quad \text{IF } x = A_2 \text{ AND } y = B_2 \text{ THEN } z = C_2$$

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

Misalkan derajat kebenaran dari aturan ke-i ditunjukkan oleh α_i untuk masukan x_0 dan y_0 , derajat kebenaran α_1 dan α_2 dari basis aturan dapat ditunjukkan oleh :

$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \quad (2-17)$$

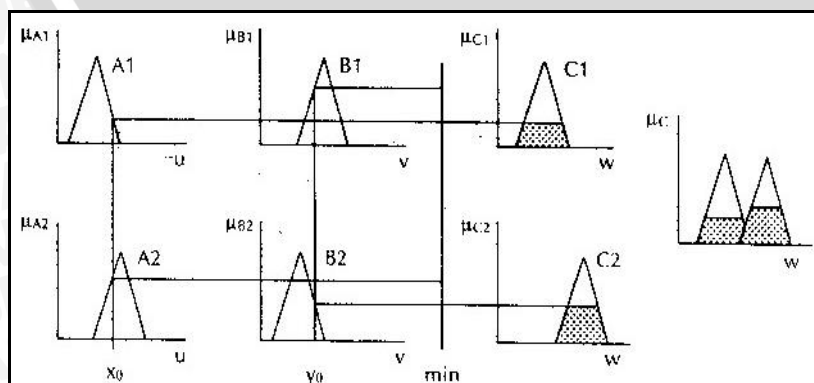
$$\alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (2-18)$$

Kontribusi kontrol untuk masing-masing aturan kontrol dihitung berdasarkan pada derajat kebenaran α dan bagian konsekuen dari aturan tersebut.

Dalam pengambilan keputusan fuzzy MAX-MIN, keputusan kontrol yang ditimbulkan oleh aturan ke-i dapat diekspresikan oleh $\alpha_i \wedge \mu_{C_i}(w)$. Sehingga keanggotaan dari konsekuen tersimpul C diberikan oleh :

$$\mu_C(w) = (\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(w)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(w)) \quad (2-19)$$

Proses pengambilan keputusan MAX-MIN untuk nilai masukan *crisp* x_0 dan y_0 yang telah dianggap sebagai fuzzy singleton diperlihatkan dalam Gambar 2.24 sebagai berikut:



Gambar 2.24 Metode Penalaran *Fuzzy* MAX-MIN
Sumber: Jun Yan, dkk., 1994 : 55

Secara ringkas pengambil keputusan fuzzy merupakan inti dari susunan Kontrol Logika Fuzzy (KLF) yang mempunyai kemampuan untuk mensimulasikan pembuatan keputusan manusia yang didasarkan pada konsep fuzzy dan menyimpulkan aksi kontrol fuzzy menggunakan aturan-aturan pengambilan keputusan dalam logika fuzzy.

2.15.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan *fuzzy* menjadi harga keluaran *crisp* (non *fuzzy*). *Output* dalam bentuk *crisp* ini digunakan untuk aksi kendali.

Defuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut:

$$z_0 = \text{defuzzifier}(z) \tag{2.20}$$

Keterangan: z_0 : aksi kendali *crisp*

z : aksi kendali *fuzzy*

defuzzifier : operator defuzzifikasi

Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Center Of Gravity* (COG). Pada metode ini, keluaran aksi kontrol akan ditentukan berdasarkan pusat berat. Untuk fungsi keanggotaan keluaran *fuzzy* segitiga dan trapesium, persamaan defuzzifikasi COG dinyatakan sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z) \cdot z dz}{\int \mu_c(z) dz} \tag{2.21}$$

sedangkan untuk fungsi keanggotan keluaran *fuzzy singleton*, persamaan defuzzifikasi COG dinyatakan sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\sum_i \mu_{ci}(z) \cdot z_i}{\sum_i \mu_{ci}(z)} \tag{2.22}$$

keterangan z^* = keluaran *crisp*



$\mu_{ci}(z)$ = keluaran *fuzzy*

z_i = posisi *singleton* pada sumbu z



BAB III

METODOLOGI

Kajian dalam skripsi ini merupakan penelitian yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan pembuatan alat penakar beras otomatis berbasis kontrol logika *fuzzy* yang bertujuan agar dapat menampilkan performansi sistem sesuai dengan yang direncanakan.

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

3.1 Studi Literatur

Studi literatur mengacu pada prinsip kerja alat yang dirancang meliputi sistem pengendalian alat penakar beras otomatis berbasis kontrol logika *fuzzy*, karakteristik dari komponen yang digunakan serta studi tentang pengendalinya yaitu menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pusat pengontrol dengan berbasis kontrol logika *fuzzy*.

Adapun hal-hal yang berhubungan dengan hal tersebut adalah:

- a. Studi tentang teori dasar beras
 - Suhu dan kelembaban tempat penyimpanan beras agar kualitas tetap terjaga.
 - Lama waktu beras untuk menyusut.
- b. Studi tentang rangkaian sensor
 - Karakteristik spesifikasi sensor suhu dan kelembaban HSM20G serta sensor berat.
 - Penerapan sensor suhu dan kelembaban serta sensor berat sesuai sistem.
 - Karakteristik komponen elektronik yang digunakan diantaranya meliputi pengkondisi sinyal, relay, LCD, Mikrokontroler AT89S52, ADC PCF 8591 dan Motor DC.
- c. Kontroler
 - Karakteristik umum kontrol logika *fuzzy*.
 - Karakteristik umum kontroller *On-Off*.
 - Teknik pemrograman mikrokontroler AT89S52 sebagai pusat kontroler.

- Teknik interface antara peralatan keluaran untuk kontroler dengan peralatan yang akan diatur yaitu alat penakar beras otomatis.

3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan sebagai langkah awal sebelum terbentuknya suatu sistem beserta rangkaian elektronik pendukungnya, hal ini dimaksudkan agar sistem pengendalian pada alat penakar tersebut dapat berjalan sesuai dengan deskripsi awal yang telah direncanakan. Perancangan sistem yang dilakukan meliputi:

- Penentuan dimensi dan bahan yang digunakan dalam pembuatan alat penakar.
- Penentuan rangkaian elektronik yang digunakan.
- Penentuan spesifikasi sistem yang akan dibuat, meliputi :
 - a. Penentuan deskripsi kerja sistem secara keseluruhan.
 - b. Kontrol logika *fuzzy* dan rangkaian elektronik pendukung.
- Perancangan program pada mikrokontroler AT89S52 sebagai pusat pengontrol

3.3 Realisasi Pembuatan Alat

3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok

- a. Pembuatan blok diagram lengkap sistem
- b. Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
- c. Merakit perangkat keras masing-masing blok

3.3.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak

Setelah mengetahui perangkat keras yang dirancang, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Parameter yang diperoleh dari hasil perhitungan kemudian diterapkan kedalam mikrokontroler AT89S52 dengan menggunakan bahasa assembly.

3.4 Pengujian dan Analisa Data

Setelah semua komponen pada alat sudah terhubung sesuai dengan blok diagram sistem yang telah dirancang dan perangkat lunak untuk mendukung sistem telah dibuat, maka diadakan pengujian dan analisa alat. Metode pengujian alat adalah sebagai berikut :

- Menguji pada tiap-tiap blok rangkaian.
- Kalibrasi pada sensor yang digunakan.
- Menggabungkan beberapa blok rangkaian menjadi sebuah sistem.
- Mengadakan pengujian sistem secara keseluruhan.
- Mengevaluasi hasil pengujian sistem secara keseluruhan.

3.5 Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian sistem secara keseluruhan. Jika hasil yang didapatkan telah sesuai dengan yang direncanakan sebelumnya, maka sistem kendali tersebut telah berhasil memenuhi harapan dan tentunya memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk penyempurnaan.

BAB IV

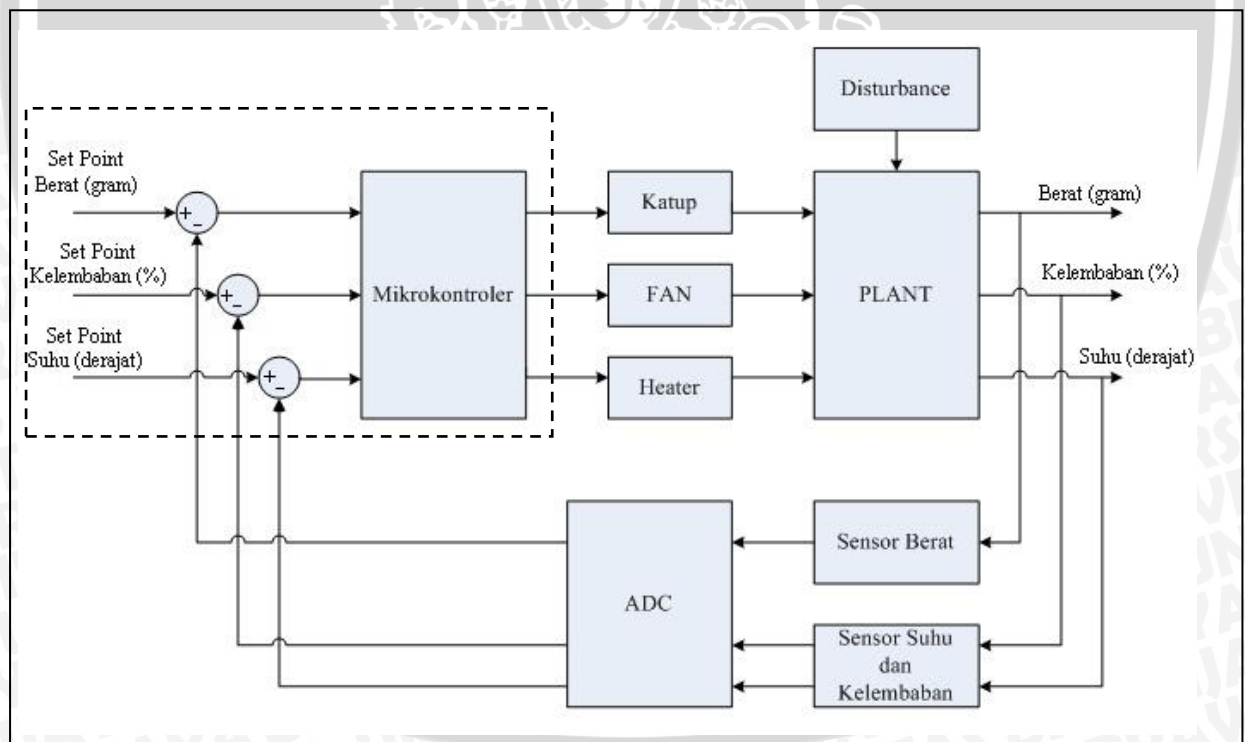
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Perancangan Sistem

Bab ini membahas pembuatan alat penakar beras otomatis berbasis logika *fuzzy*. Pembuatan alat dilakukan secara bertahap setiap blok sehingga akan memudahkan dalam menganalisa setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Pembuatan sistem meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak. Aspek lain yang akan dijelaskan dalam pembahasan bab ini adalah diagram blok rangkaian, cara kerja rangkaian, dan komponen-komponen pendukung yang digunakan.

4.1.1 Diagram Blok Alat

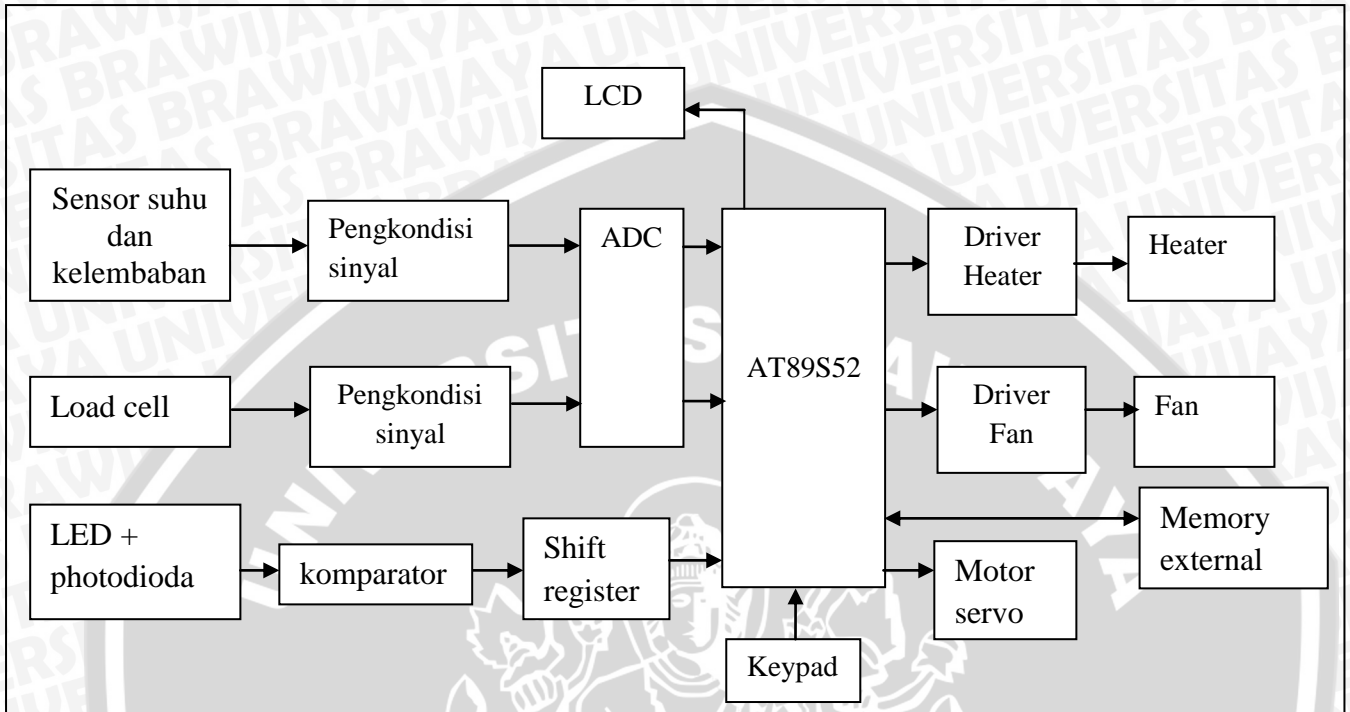
Diagram blok sistem yang direncanakan diperlihatkan pada gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Sumber: Perancangan

Diagram blok perangkat keras (*Hardware*) yang direncanakan, diperlihatkan pada gambar 4.2 di bawah ini:



Gambar 4.2 Diagram Blok *Hardware*
Sumber: Perancangan

Penjelasan dari masing-masing blok adalah sebagai berikut :

1. Sensor yang digunakan adalah sensor suhu dan kelembaban yaitu HSM 20G, sensor berat yaitu *load cell*, sensor level yaitu *optocoupler*.
2. Rangkaian pengkondisi sinyal adalah rangkaian untuk mengkondisikan tegangan keluaran sensor agar dapat mengubah resolusi satu bit pada ADC.
3. Rangkaian komparator adalah rangkaian untuk membandingkan tegangan masukan (V_{in}) dan tegangan referensi (V_{ref}) pada sensor *optocoupler* sehingga dihasilkan tegangan keluaran (V_{out})
4. Shift register digunakan untuk mengurutkan serta meringkas beberapa data keluaran dari sensor *optocoupler* menjadi satu data yang kemudian menjadi masukan mikrokontroler.
5. Rangkaian ADC (*Analog Digital Converter*) sebagai rangkaian pengubah data analog dari potensiometer menjadi data digital yang kemudian digunakan sebagai data input pada mikrokontroler.

6. 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. Mikrokontroler ini antara lain mempunyai empat buah port I/O yang masing masing terdiri dari 8 bit serta mempunyai 256 byte RAM (*Random Acces Memory*) internal.
7. LCD 16x2 sebagai penampil informasi yang dikontrol oleh mikrokontroler.
8. Keypad digunakan untuk mengakses menu, setting point suhu, berat dan kelembaban.
9. Rangkaian *driver* sebagai penggerak dari *fan* dan *heater* yang dikontrol oleh mikrokontroler.
10. Sirkulasi udara atau ventilasi menggunakan kipas angin DC sebagai sirkulasi udara untuk menstabilkan suhu.
11. Motor servo untuk menggerakkan katup sesuai aksi kontrol *logika fuzzy*.
12. Memori eksternal digunakan untuk menyimpan data yang telah dimasukan melalui keypad.

4.1.2 Prinsip Kerja Alat

Alat penakar otomatis ini memiliki dua pengontrolan, yaitu pengontrolan suhu dan kelembaban *rice box* agar kualitas beras tetap terjaga serta pengontrolan katup agar menghasilkan beras sesuai dengan set point.

Suhu dan kelembaban *rice box* dikontrol oleh *heater* dan *fan*. Mula-mula suhu dan kelembaban di-set melalui keypad disesuaikan dengan tempat penyimpanan beras yang baik yaitu pada suhu 38°C dan kelembaban 60% - 65%. Setelah itu tegangan yang keluar akan dikuatkan melalui pengkondisi sinyal agar tegangan *output* dari sensor (HSM 20G) dapat masuk ke dalam mikrokontroler AT89S52 dan disimpan dalam memori eksternal. Setelah itu mikrokontroler akan bekerja sebagai pengendali utama pada rangkaian, *output* dari mikrokontroler akan membuat penggerak-penggerak pada rangkaian bekerja. Penggerak ini berfungsi sebagai penggerak *heater* dan *fan*.

Katup pada *rice box* dikontrol oleh kontrol logika *fuzzy* yang telah diprogram pada mikrokontroler. Langkah pertama set point di-set melalui keypad sesuai jumlah berat yang diinginkan. Kemudian berat dibaca oleh mikrokontroler dan mikrokontroler bekerja menggerakkan motor servo untuk mengendalikan katup.

Sensor *optocoupler* pada rangkaian ini digunakan sebagai sensor level. Sehingga dapat melihat persediaan beras yang ada pada *rice box*. Saat photodiode tidak

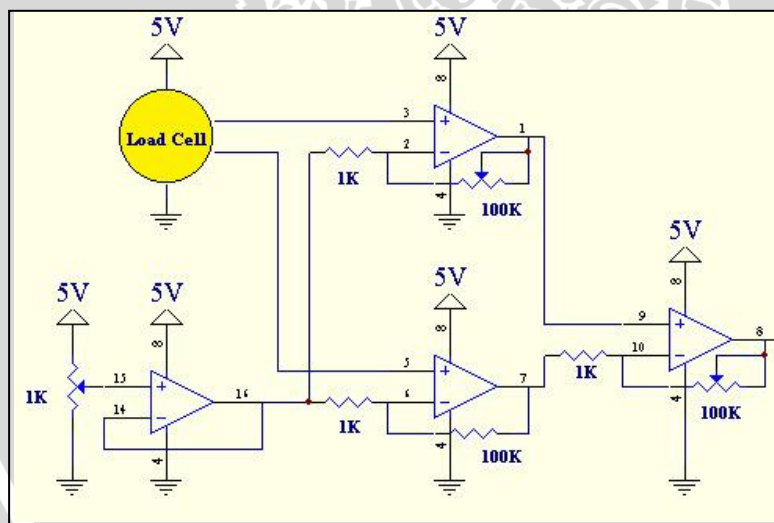
terhalang (terang) maka V_{out} sensor = 4,6 volt yang dan tegangan masuk ke dalam mikrokontroler melalui shift register, kemudian ditampilkan pada LCD.

4.2 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Berdasar pada diagram blok perancangan alat yang telah disusun, perancangan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian sensor berat, sensor suhu dan modul mikrokontroler. Di bawah ini adalah rangkaian keseluruhan alat.

4.2.1. Rangkaian Driver Sensor Berat dan Sensor Berat

Sensor berat yang digunakan adalah sensor *loadcell*. Sensor *loadcell* adalah transduser yang digunakan untuk mengubah tekanan menjadi sinyal elektrik. Pada sensor *loadcell* dihubungkan dengan driver *loadcell*. Biasanya sensor ini terdiri dari empat *strain gauges* dalam jembatan wheatstone, tetapi ada juga yang terdiri dari satu atau dua *strain gauges*. Di bawah ini adalah gambar dari sensor *loadcell* dengan drivernya.



Gambar 4.3 Rangkaian Sensor Berat.
Sumber: Perancangan

Pada gambar 4.3 terdapat rangkaian driver *loadcell* yang terdiri dari 4 pengkondisi sinyal (op-amp). Di mana ke-4 op-amp tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain, yang dapat dihitung dengan rumus tegangan keluaran dari op-amp tersebut. Rangkaian op-amp yang terletak paling kiri merupakan rangkaian buffer.

Pada saat V_{out} rangkaian sensor berat sama dengan nol, maka nilai V_+ op-amp pertama yaitu op-amp yang terletak paling atas adalah 2,5V dan V_+ op-amp kedua

yaitu op-amp yang terletak paling bawah adalah 2,5V. Analisis rangkaian dihitung mulai dari op-amp ketiga yaitu op amp yang terletak paling kanan.

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

$$0 = (V_{in+} - 1) (50) + 1$$

$$V_{in+} = 0,98 \text{ V}$$

V_{in+} op-amp ketiga merupakan V_{out} op-amp pertama, sehingga dapat dihitung analisis rangkaian op-amp pertama.

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

$$0,98 = (2,5 - V_{in-}) (50) + V_{in-}$$

$$V_{in-} = 2,53 \text{ V}$$

V_{in-} op-amp pertama merupakan V_{in-} op-amp kedua yaitu op-amp yang terletak paling bawah, sehingga dapat dihitung analisis rangkaian op-amp kedua.

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

$$1 = (2,5 - 2,53)(A_v) + 2,53$$

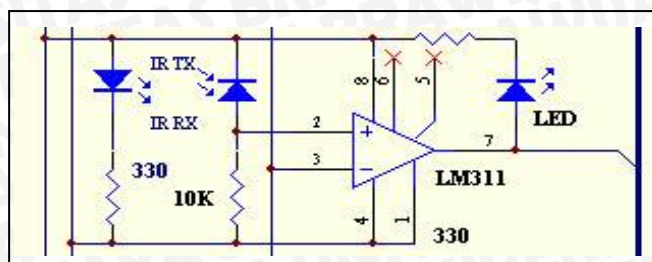
$$A_v = 51$$

4.2.2 Rangkaian *Optocoupler*

Optocoupler adalah alat yang dipakai untuk mengkopel cahaya dari suatu sumber ke detektor tanpa adanya perantara. *Optocoupler* atau optotransistor merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on-off. *Opto* berarti optik dan *coupler* berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan pemicu cahaya optik.

Optocoupler termasuk dalam sensor, yang terdiri dari dua bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*. Prinsip kerja dari *optocoupler* dapat jelaskan sebagai berikut:

1. Jika antara photodiode dan LED terhalang oleh suatu benda maka photodiode tidak mempunyai kemampuan menyambung kedua kakinya sehingga arus yg dihasilkan kecil.
2. Sebaliknya jika antara photodiode dan LED tidak terhalang suatu benda maka photodiode menerima cahaya dari LED sehingga mempunyai kemampuan menyambung kedua kakiknya dan menghasilkan arus yang besar.



Gambar 4.4 Rangkaian Optocoupler
Sumber: Perancangan

4.2.2.1 Rangkaian Pemancar

Dalam perancangan pemancar inframerah, berdasarkan data book MLED 81, untuk membias maju LED inframerah dibutuhkan arus forward sebesar 100 mA (max). Dalam perancangan digunakan $I_{LED} = 10 \text{ mA}$ dan tegangan LED (V_{LED}) = 1,8 volt, sehingga nilai resistor yang dipasang adalah:

$$R_{Led} = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_f \text{ (dioda)}}$$

$$R_{Led} = \frac{(5 - 1,8)\text{volt}}{10\text{mA}}$$

$$R_{Led} = \frac{3,2\text{volt}}{10\text{mA}}$$

$$R_{Led} = 320\Omega$$

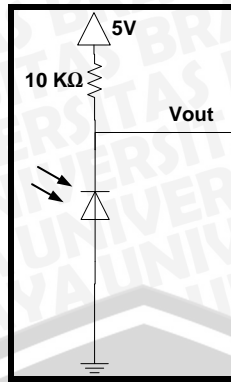
$$R_{Led} \approx 330\Omega$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai resistor pada infra merah sebesar 320Ω , karena di pasaran tidak ada maka diambil nilai terdekatnya yaitu 330Ω .

4.2.2.2 Rangkaian Penerima

Rangkaian penerima berfungsi untuk menerima pulsa-pulsa listrik dari pemancar inframerah yang nantinya diterima oleh komponen photodioda dan mengubahnya ke dalam bentuk keluaran berupa tegangan.

Dalam Gambar 4.5 adalah perancangan penerima inframerah yang menggunakan photodioda dengan data sebagai berikut :



Gambar 4.5 Rangkaian Penerima
Sumber: Perancangan

- Saat terang :

IL yang tertera pada *datasheet* adalah $40 \mu\text{A}$. Maka V_{out} dapat diketahui dengan cara :

$$\begin{aligned} V_R &= R \cdot I_L \\ &= 10 \text{ K}\Omega \cdot 40 \mu\text{A} \\ &= 400 \text{ mV} = 0,4 \text{ V} \\ V_{\text{out}} &= V_{\text{cc}} - V_R \\ &= 5 \text{ V} - 0,4 \text{ V} \\ &= 4,6 \text{ V} \end{aligned}$$

- Saat Gelap :

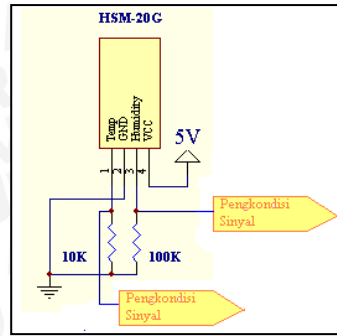
I_D yang tertera pada *datasheet* adalah 5 nA . Maka V_{out} dapat diketahui dengan cara :

$$I_D = 5 \text{ nA} \approx 0 \text{ A}$$

Maka, $V_{\text{out}} = 0 \text{ V}$

4.2.3 Rangkaian Sensor Suhu dan Kelembaban (HSM-20G)

Pada perencanaan alat ini, menggunakan sensor suhu dan kelembaban HSM20G. dimana sensor ini memiliki keluaran tegangan linier. Karena tegangan keluaran HSM-20G cukup kecil maka diperlukan pengkondisi sinyal atau penguat tegangan, sehingga bila terjadi perubahan temperatur atau suhu maka perubahan tegangan keluaran pada sensor masih dapat diamati dalam skala yang cukup besar. Adapun rangkaian perencanaan sensor suhu dan kelembaban HSM20G adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Rangkaian Perencanaan Sensor Suhu dan Kelembaban HSM20G
Sumber : Perancangan

Untuk menghitung tegangan output dari sensor ini pada saat membaca temperatur adalah:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_s + R_1} \times V$$

Dimana:

V_{out} = Tegangan output dari sensor HSM20G (volt)

R_1 = 10K Ω

R_s = 47,00k Ω data sheet untuk 25 $^{\circ}$ C

R_s = 37,43k Ω data sheet untuk 30 $^{\circ}$ C

R_s = 24,19k Ω data sheet untuk 40 $^{\circ}$ C

Sebagai contoh:

Suhu 25 $^{\circ}$ C maka tegangan dari sensor adalah:

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{47,00k\Omega + 10k\Omega} \times 5V$$

$$V_{out} = 0,877V$$

Suhu 30 $^{\circ}$ C maka tegangan dari sensor adalah:

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{37,43k\Omega + 10k\Omega} \times 5V$$

$$V_{out} = 1,054V$$

Suhu 40 $^{\circ}$ C maka tegangan dari sensor adalah:

$$V_{out} = \frac{10k\Omega}{24,19k\Omega + 10k\Omega} \times 5V$$

$$V_{out} = 1,462V$$

Untuk tegangan output dari sensor ini pada saat membaca kelembaban adalah:

$V_{out\ 50\%} = 2,02\ V$ (Tegangan dari datasheet HSM 20G)

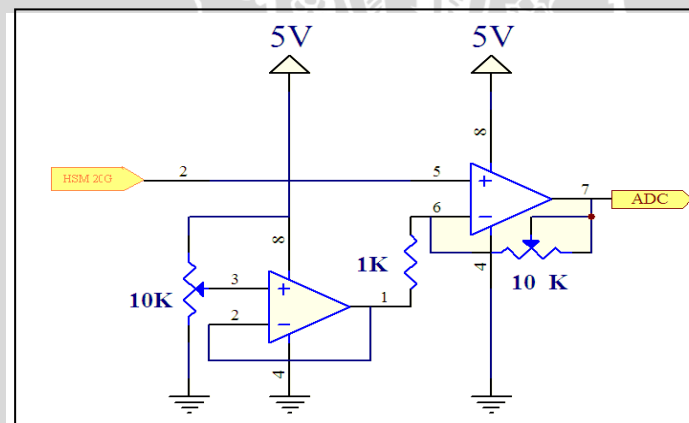
$V_{out\ 60\%} = 2,37\ V$ (Tegangan dari datasheet HSM 20G)

$V_{out\ 70\%} = 2,69\ V$ (Tegangan dari datasheet HSM 20G)

HSM 20G dihubungkan dengan pengkondisi sinyal lalu diteruskan ke ADC PCF 8591. Untuk sensor kelembaban berada pada pin 3 yang kemudian dihubungkan ke AIN 1 yang terletak pada PCF8591. Sedangkan untuk sensor suhu berada pada pin 1 yang kemudian dihubungkan ke AIN 2 yang juga terletak pada ADC PCF8591.

4.2.3.1 Rangkaian Pengkondisi sinyal

Untuk menaikkan resolusi pembacaan data suhu, maka output dari sensor diumpangkan ke suatu rangkaian penguat *non inverting* dengan menggunakan *Op-Amp*, hal ini dibutuhkan karena output yang dihasilkan oleh sensor masih sangat kecil, sehingga dibutuhkan suatu rangkaian untuk mengkondisikan output dari sensor tersebut. Secara terperinci dapat dilihat pada rangkaian di bawah ini:



Gambar 4.7 Rangkaian Penguat Non-Inverting
Sumber : Perancangan

Keluaran tegangan dari sensor ini tidak memenuhi untuk dapat mengubah resolusi satu bit pada ADC. Resolusi ADC PCF8591 dengan V_{ref} sama dengan 5 Volt adalah:

$$\frac{V_{ref}}{2^8} = \frac{5}{2^8} = \frac{5}{255} = 0,0196\text{Volt}$$

Oleh karena itu diperlukan suatu penguat. Berikut ini perancangan untuk mendapatkan gain yang tepat pada penguat sensor suhu:

- Range sensor yang bisa di ukur adalah $25,0^{\circ}\text{C} - 40,0^{\circ}\text{C}$

- Untuk suhu 25,0°C maka output sensor adalah 877 mV
- Untuk suhu 40,0°C maka output sensor adalah 1462 mV
- Perubahan bit dari 25,0°C sampai 40,0°C adalah sebanyak 150, sehingga pada saat suhu 25,0°C maka diharapkan output data pada ADC adalah 0 dan ketika suhu 40,0°C maka data output dari ADC adalah 150.

$$\text{Tampilan_Layar} = \frac{\text{data_ADC}}{10} + 25$$

$$V_{\text{out Op-Amp}} = \text{data_ADC} \times 0,0196$$

Ketika suhu 25,0°C maka:

$$\text{Tampilan_Layar} = \frac{0}{10} + 25 = 25$$

$$\begin{aligned} V_{\text{out Op-Amp}} &= 0 \times 0,0196 \\ &= 0 \text{ mV} \end{aligned}$$

Ketika suhu 40,0°C maka:

$$\text{Tampilan_Layar} = \frac{150}{10} + 25 = 40$$

$$\begin{aligned} V_{\text{out Op-Amp}} &= 150 \times 0,0196 \\ &= 2940 \text{ mV} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat dicari gain yang tepat yakni:

$$\text{Gain} = \frac{\text{Range}V_{\text{out-OP_Amp}}}{\text{Range}V_{\text{in-OP_Amp}}}$$

$$\text{Gain} = \frac{2940 - 0}{1462 - 877} = 5,03$$

Jadi untuk menentukan besarnya nilai hambatan R yang diperlukan untuk mendapatkan gain sebesar 5,03 adalah:

$$\text{Gain} = \frac{R2}{R1} + 1 = 5,03$$

Karena suhu pada perancangan ini diset pada range 25°C - 40°C, maka perlu dibuat agar pada suhu 25,0°C dalam keadaan 0 mV. Pada perancangan ini resistansi *temperature* dengan nilai 10KΩ dan resistansi *humidity* dengan nilai 100KΩ dihubungkan dengan kaki nomor satu dan tiga pada HSM 20G yang berfungsi sebagai zero, yaitu membuat tegangan pada keluaran kaki nomor empat HSM 20G menjadi 0V ketika inputnya 877mV.

Dengan rumus:

$$V_{in\ Op-Amp} = V_{in} - V_{reff} \text{ (Zero)}$$

$$V_{out\ Op-Amp} = (V_{in\ Op-Amp} \cdot \text{Gain}) + V_{reff} \text{ (Zero)}$$

$$\text{Gain} = \frac{R_2}{R_1} + 1$$

Diasumsikan $V_{out\ Op-Amp}$ pada suhu $25,0^\circ\text{C}$ adalah 0 mV maka

$$V_{out\ Op-Amp} = (V_{in\ Op-Amp} \cdot \text{Gain}) + V_{reff} \text{ (Zero)}$$

$$V_{out\ Op-Amp} = \left((V_{in} - \text{Zero}) \times \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \right) + \text{Zero}$$

$$\text{Zero} = \frac{\left(V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) \right)}{\frac{R_2}{R_1}}$$

$$\text{Zero} = \left(\frac{0,877\text{V} \times 5,03}{4,03} \right)$$

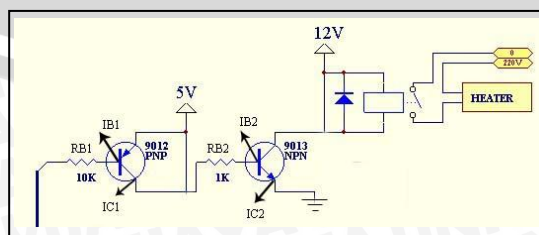
$$\text{Zero} = 1,095\text{V}$$

$$\text{Zero} = 1,095\text{V}$$

Pada perancangan ini digunakan penguatan sebesar 5,03kali dan zero sebesar 1095mV. Untuk mendapatkan tegangan sebesar 1095mV maka R yang digunakan adalah 4,03k Ω . Oleh karena itu digunakan trimpot sebesar 10k Ω dan diset hingga hambatannya sama dengan 4,03k Ω .

4.2.4 Rangkaian Driver Relay Heater

Rangkaian driver relay *heater* digunakan untuk menghubungkan *heater* dengan mikrokontroler, agar masukan dari *heater* sesuai dengan mikrokontroler. Pada rangkaian driver ini terdapat 1 buah relay, yang berfungsi sebagai saklar. Di bawah ini adalah gambar rangkaian driver *heater*.



Gambar 4.8 Rangkaian Driver Heater

Sumber: Perancangan

Analisis perhitungan arus pada transistor-transistor tersebut yaitu:

$$I_{b1} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 0,43 \text{ mA}$$

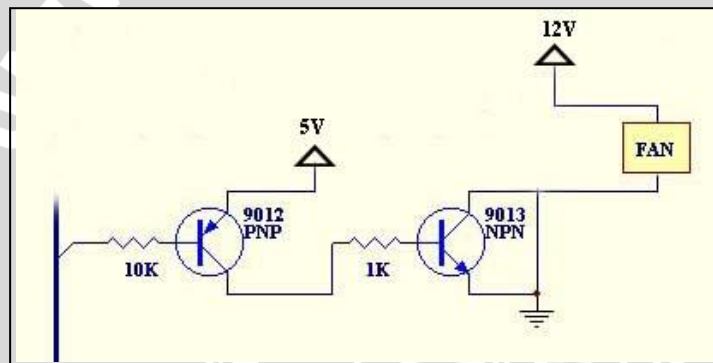
$$I_{c1} = I_{b1} \times H_{fe} = 0,43 \cdot 10^{-3} \times 60 = 25,8 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10^3} = 4,3 \text{ mA}$$

$$I_{c2} = I_{b2} \times H_{fe} = 4,3 \cdot 10^{-3} \times 60 = 258 \text{ mA}$$

4.2.5 Rangkaian Driver Fan

Rangkaian driver *fan* digunakan untuk mengaktifkan *fan*. Rangkaian driver *fan* ini sama prinsipnya dengan rangkaian driver *heater*. *Fan* dihubungkan oleh dua buah transistor yaitu transistor PNP dan transistor NPN. Skema dari rangkaian driver *fan* ditunjukkan dalam Gambar di bawah ini.



Gambar 4.9 Rangkaian Driver Fan
Sumber: Perancangan

Analisis perhitungan arus pada transistor-transistor tersebut yaitu:

$$I_{b1} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10 \cdot 10^3} = 0,43 \text{ mA}$$

$$I_{c1} = I_{b1} \times H_{fe} = 0,43 \cdot 10^{-3} \times 60 = 25,8 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = \frac{V - V_{be}}{R} = \frac{5 - 0,7}{10^3} = 4,3 \text{ mA}$$

$$I_{c2} = I_{b2} \times H_{fe} = 4,3 \cdot 10^{-3} \times 60 = 258 \text{ mA}$$

4.2.6 Rangkaian ADC (PCF8591)

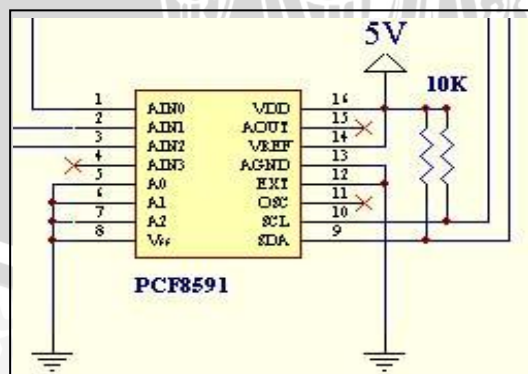
Tegangan keluaran dari rangkaian sensor berat, rangkaian sensor suhu dan kelembaban berupa sinyal analog. Agar dapat diolah oleh mikrokontroler AT89S52, maka nilai tegangan tersebut harus diubah menjadi data digital menggunakan konverter

analog ke digital. Dalam perancangan ini digunakan konverter analog ke digital berupa PCF8591 berfungsi sebagai konverter analog ke digital dengan 4 masukan analog yang *multipleks* menjadi data digital 8 bit. ADC PCF8591 terdiri atas 16 pin yang ditunjukkan dalam Gambar 4.10 dan fungsi masing-masing pin ditunjukkan dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Fungsi Pin ADC PCF8591

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AINO	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V _{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I ² C-bus data input/output
SCL	10	I ² C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V _{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V _{DD}	16	positive supply voltage

(Philips Semiconductor, 1998: 5)



Gambar 4.10 Rangkaian PCF8591

Sumber: Perancangan

Dalam Gambar rangkaian 4.10 *input* analog diambil dari pin AINO atau *input* ke-1 sampai 3 *input* masukan ADC. Keluarannya telah terkonversi menjadi digital

melalui pin SDA (pin *output* digital) dan SCL (clock) yang terhubung dengan mikrokontroler.

Keluaran ADC dapat dihitung sebagai berikut, diketahui V_{in} (analog) = 2,5 V, V_{ref} (analog) = 5 V, resolusi digital = $2^8 = 256$.

$$Out \text{ (digital)} = \frac{V_{in} \text{ (analog)}}{V_{ref} \text{ (analog)}} \times \text{resolusi (digital)}$$

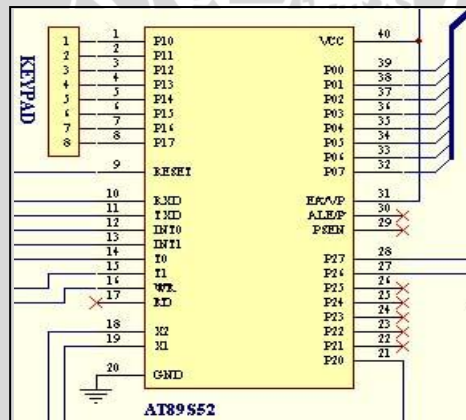
$$Out \text{ (digital)} = \frac{2,5 \text{ V}}{5 \text{ V}} \times 256$$

$$Out \text{ (digital)} = 128 = 2^7 \text{ (1000 0000)}$$

Jadi keluaran dari ADC-nya adalah 128 (bentuk desimal) atau 2^7 (heksadesimal) = 1000 0000 (bentuk biner).

4.2.7 Mikrokontroler AT89S52

Pada perancangan ini, menggunakan mikrokontroler AT89S52 sebagai pengatur aliran data dari ADC menuju LCD dan konverter. Dalam Gambar 4.11 ditunjukkan pin-pin mikrokontroler AT89S52 yang terhubung ke Serial ADC PCF8591, *memory external*, LCD M1632, keypad 4x4, driver *heater*, driver *fan*, dan Motor Servo.



Gambar 4.11 Rangkaian AT89S52
Sumber: Perancangan

Agar sebuah mikrokontroler dapat bekerja sebagai pengontrol, kaki-kaki/*port* mikrokontroler dihubungkan dalam rangkaian-rangkaian eksternal. Dalam perancangan ini, *port* yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Port 0

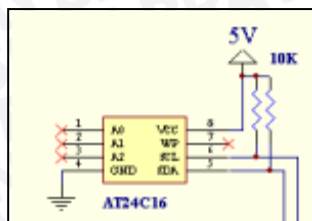
P0.0 - 0.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan alamat ke *bus* data LCD

D0-D7

2. Port 1
P1.0 - 1.7 digunakan sebagai saluran keypad.
3. Port 2
P2.6 dan 2.7 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan kontrol LCD (RS & E).
P2.0 digunakan sebagai keluaran untuk mengirimkan kontrol motor servo
4. Port 3
P3.0 dan P3.1 digunakan untuk driver *fan* dan driver *heater*
P3.2 - 3.4 digunakan untuk *shift register*.
P3.6 dan 3.7 digunakan untuk komunikasi data SDA & SCL serial ADC & *memory external*.
5. XTAL1 dan XTAL2
Digunakan sebagai input dari rangkaian osilator kristal. Rangkaian osilator kristal terdiri dari kristal osilator 11.0592 MHz, kapasitor C1 dan C2 yang masing-masing bernilai 33 pF, 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 *data sheet*.
7. GND
GND dihubungkan ke *ground* catu daya.
8. Reset
Digunakan untuk mereset program kontrol mikrokontroler, maka pin reset diberi logika tinggi selama sekurangnya dua siklus mesin (24 periode osilator). Untuk membangkitkan sinyal reset, kapasitor dihubungkan dengan VCC dan sebuah resistor yang dihubungkan ke *ground*.

4.2.8 Memori AT24C16

Perancangan ini menggunakan EEPROM AT24C16 sebagai *memory external*. Rangkaian *memory* AT24C16 ditunjukkan dalam Gambar 4.12 dan fungsi masing-masing pin ditunjukkan dalam Tabel 4.2.



Gambar 4.12 Rangkaian *Memory* AT24C16
Sumber: Perancangan

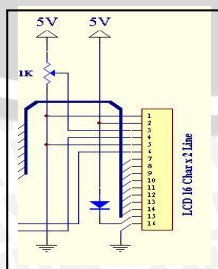
Tabel 4.2 Fungsi Pin AT24C16

Nomor Pin	Fungsi
1	A0 – Address Input
2	A1 – Address Input
3	A2 – Address Input
4	GND – Ground
5	SDA – Serial Data
6	SCL – Serial Clock Input
7	WP – Write Protect
8	Vcc – Positive Power Supply

Sumber: www.futurlec.com

4.2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

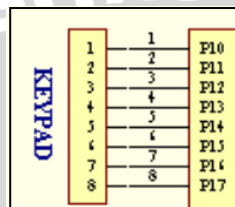
LCD yang digunakan adalah tipe M1632 (16 kolom x 2 baris). Bus data LCD (D0-D7) terhubung dengan port 0 mikrokontroler (P0.0-P0.7). Karena LCD dioperasikan hanya menerima data, maka pin R/W dihubungkan dengan ground. RS dihubungkan dengan pin 2.6 dari mikrokontroler. Sedangkan untuk mengaktifkan E (Enable) LCD dibutuhkan keluaran dari pin 2.7. Untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 1 kΩ. Gambar LCD dan konfigurasi pinnya dapat dilihat dalam Gambar 4.13



Gambar 4.13 Rangkaian LCD
Sumber: Perancangan

4.2.10 Keypad

Keypad sering digunakan sebagai suatu *input* pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosesor atau mikrokontroler. Keypad sesungguhnya terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom. Agar mikrokontroler dapat melakukan scan keypad, maka *port* mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika *low* “0” dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika *high* “1” pada setiap pin yang terhubung ke baris. Rangkaian keypad pada perancangan ini ditunjukkan dalam Gambar 4.14



Gambar 4.14 Rangkaian Keypad
Sumber: Perancangan

4.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada bagian ini dibahas mengenai perencanaan perangkat lunak yang digunakan yaitu perancangan kontrol logika fuzzy dan perancangan diagram alir (*flowchart*) sistem secara keseluruhan.

4.3.1 Kontrol Logika Fuzzy

Program ini dirancang agar mikrokontroler mampu membaca masukan dari set point dan sensor berat yang kemudian akan dibentuk himpunan keanggotaan dari ketiga masukan tersebut atau yang sering disebut dengan *fuzzyfikasi* untuk data dari set point dan sensor berat ini. Setelah proses *fuzzyfikasi* terlaksana, mikrokontroler akan melakukan *inferensi rule*. Aturan-aturan yang digunakan disimpan sebagai *data base*. Hasil dari *inferensi rules* akan di-*defuzzyfikasi* sebelum dikeluarkan sebagai keputusan.

Model *fuzzy* yang digunakan adalah model Takagi-Sugeno-Kang (TSK Model).

Langkah - langkah dalam merancang kontroler logika *fuzzy* adalah sebagai berikut:

- Menentukan variabel masukan dan variabel keluaran.

Variabel masukan untuk kontroler logika *fuzzy* adalah berat selisih antara berat yang ditentukan pembeli (*set point*) dengan berat pada *load cell* (*output plant*),

sedangkan variabel keluarannya adalah sinyal kontrol yang akan mempengaruhi besarnya tegangan pada motor servo.

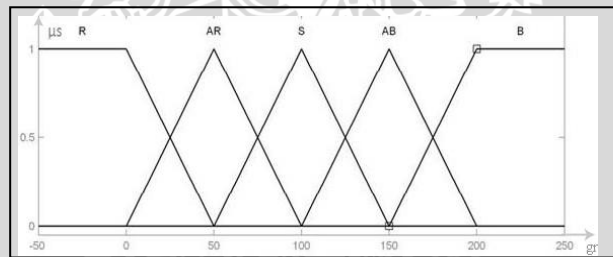
- b. Menentukan jenis fungsi keanggotaan (*membership function*) masukan dan keluaran serta nilai label.

Pada pengaturan putaran motor sebagai pengendali katup alat penakar beras ini terdapat satu fungsi keanggotaan masukan dan satu fungsi keanggotaan keluaran untuk pengaturan putaran katup.

Fungsi keanggotaan untuk masukan berbentuk *trapezoid* dan *triangle* sedangkan fungsi keanggotaan keluaran berbentuk *singleton*.

Fungsi keanggotaan masukan adalah (*error*) selisih antara berat yang ditentukan pembeli (*set point*) dengan berat pada *load cell* (*output plant*). Fungsi keanggotaan ini mempunyai lima label, yaitu sedikit sekali (SS), sedikit (S), sedang (SD), banyak (B), dan banyak sekali (BS). Fungsi keanggotaan ini ditunjukkan dalam gambar 4.15

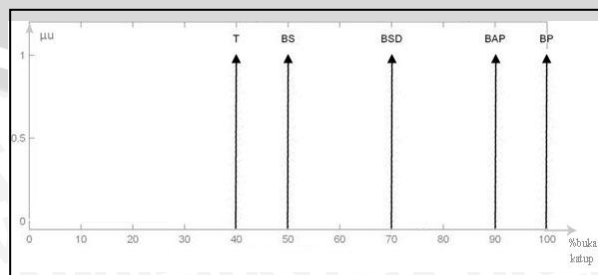
$$Error = set\ point - output\ plant$$



Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Masukan Kedua
Sumber: Perancangan

Fungsi keanggotaan untuk keluaran mempunyai lima label, yaitu tutup (T), buka sedikit (BS), buka sedang (BSD), buka agak penuh (BAP), buka penuh (BP).

Fungsi keanggotaan ini ditunjukkan dalam gambar 4.16



Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan Keluaran
Sumber: Perancangan

c. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses perubahan dari variable *nonfuzzy* menjadi variabel *fuzzy*. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan menentukan fungsi keanggotaan. Data masukan yang biasanya tegas (*crisp*) perlu ditransformasikan ke dalam besaran *fuzzy*.

d. Kaidah Atur Kontroler Logika Fuzzy

Kaidah atur kontroler logika *fuzzy* didasarkan pada pengalaman dan dalam bentuk Jika-Maka. Setelah *crisp input* diubah menjadi input *fuzzy*, selanjutnya diolah sesuai dengan kaidah aturnya. Kaidah atur selengkapnya terdapat dalam tabel 4.3

Tabel 4.3 Kaidah Pengaturan Katup Alat Penakar Beras Otomatis

NO	IF	Variabel Error	THEN	Variabel Keluaran
1	IF	E = SS	THEN	T
2	IF	E = S	THEN	BS
3	IF	E = SD	THEN	BSD
4	IF	E = B	THEN	BAP
5	IF	E = BS	THEN	BP

e. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah output *fuzzy* menjadi *crisp* output. Hasil defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya tegangan pada motor servo. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah COA (center of area)

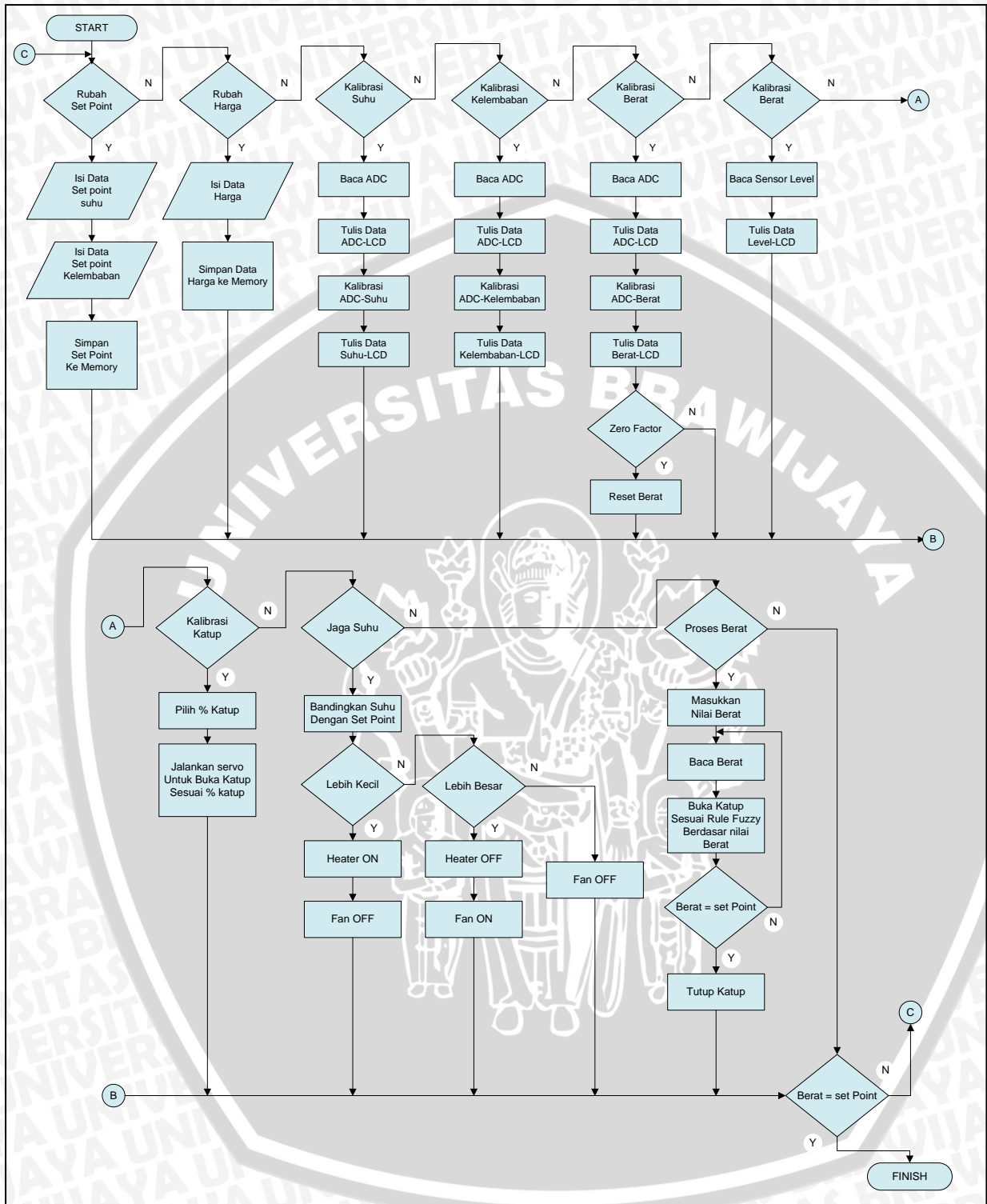
$$z^* = \frac{\sum_i \mu_{ci}(z) \cdot z_i}{\sum_i \mu_{ci}(z)}$$

keterangan z^* = keluaran *crisp*

$\mu_{ci}(z)$ = keluaran *fuzzy*

z_i = posisi *singleton* pada sumbu z

4.3.2 Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 4.17 Diagram Alir Sistem Secara Keseluruhan

Sumber: Perancangan

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian sistem ini adalah untuk menentukan apakah alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini meliputi pengujian setiap blok maupun pengujian secara keseluruhan. Pengujian setiap blok ini dilakukan untuk menemukan letak kesalahan dan mempermudah analisis pada sistem apabila alat tidak bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian pada sistem ini dibagi menjadi tujuh bagian, yaitu :

- Pengujian sensor suhu dan kelembaban (HSM-20G)
- Pengujian sensor berat (*load cell*)
- Pengujian rangkaian *optocoupler*
- Pengujian mikrokontroler
- Pengujian ADC
- Pengujian LCD
- Pengujian sistem secara keseluruhan

5.1 Pengujian Rangkaian Kerja Sensor HSM-20G

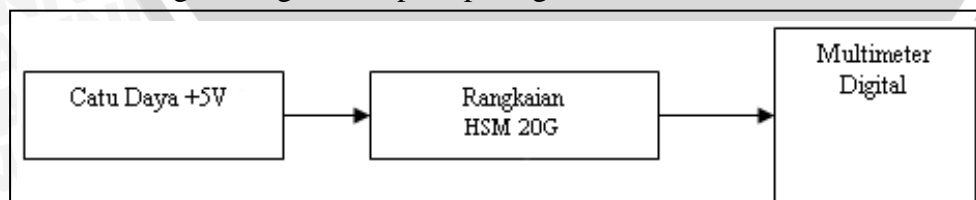
Untuk mengetahui besarnya tegangan output dari sensor suhu dan kelembaban HSM-20G berdasarkan perubahan kondisi suhu dan kelembaban pada ruangan saat mendeteksi suhu dan kelembaban dan diterima oleh ADC kemudian dilanjutkan oleh Fan dan heater.

5.1.1 Peralatan Yang Digunakan

- Multimeter Digital Range RE830D.
- Rangkaian yang akan diuji.
- Catu Daya 5 Volt DC.

5.1.2 Prosedur Pengujian

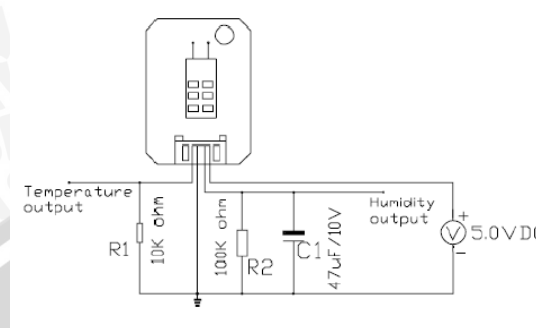
- Merangkai rangkaian seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian HSM 20G

Sumber: Pengujian

- Menghubungkan IC PCF8591 dengan tegangan DC 5 volt pada kaki untuk Vref.
- Menghubungkan kaki lainnya pada ground.
- Analisa pengujian.



Gambar 5.2 Rangkaian Modul HSM 20G

Sumber: Datasheet HSM-20G

Dalam pengujian rangkaian sensor ini dilakukan untuk mengetahui berapa tegangan output dari sensor suhu pada setiap perubahan suhu. Pengujian dan pengukuran rangkaian sensor dilakukan berdasarkan diagram blok di atas. Untuk kalibrasi sensor HSM-20G dengan menggunakan termometer yang sudah ada yaitu *hygrometer*. Untuk mencari kemungkinan kesalahan relatif dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta t = |V_{out_Op-Amp} \text{ (pengukuran)} - V_{out_Op-Amp} \text{ (perhitungan)}|$$

$$\Delta \% = \left| \frac{V_{out_Op - Amp} \text{ (pengukuran)} - V_{out_Op - Amp} \text{ (perhitungan)}}{V_{out_Op - Amp} \text{ (perhitungan)}} \right| \times 100\%$$

$$Kesalahan_rata-rata = \left| \frac{\sum \Delta \%}{\sum \text{Pengukuran}} \right|$$

5.1.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Diambil suatu sampel, suhu ruangan adalah 30°C. Untuk mengetahui berapa tegangan output yang dihasilkan maka kita dapat diukur pada pin nomor 1 dari HSM 20G.

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_s + R_1} \times v$$

dengan:

Vout = Tegangan output dari sensor HSM 20G (volt)

R1 = 10KΩ

Rs = 37,43KΩ data sheet untuk 30°C

Sebagai contoh suhu adalah 30°C maka tegangan dari sensor adalah:

$$V_{out} = \frac{R_I}{R_s + R_I} \times v$$

$$V_{out} = \frac{10}{37,43 + 10} \times 5$$

$$V_{out} = 1,054 \text{ V}$$

$$\Delta t = |V_{out_Op-Amp}(\text{pengukuran}) - V_{out_Op-Amp}(\text{perhitungan})|$$

$$\Delta t = |1,078 - 1,054| = 0,024$$

$$\Delta\% = \left| \frac{\Delta t}{V_{out_Op-Amp}(\text{perhitungan})} \right| \times 100\%$$

$$\Delta\% = \left| \frac{0,024}{1,054} \right| \times 100\%$$

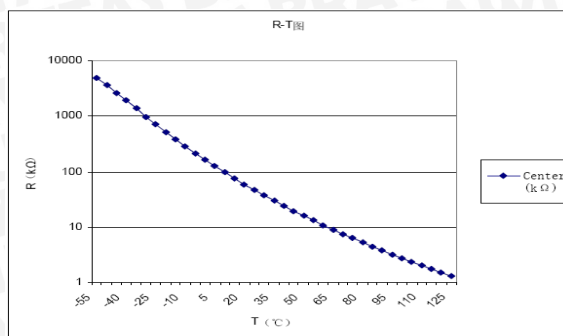
$$\Delta\% = 2,27\%$$

Dengan cara yang sama, nilai kesalahan relatif dapat dilihat pada tabel 5-1 sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran dan Pengujian Suhu

NO.	Temperatur (°C)	Vout Sensor Suhu (Volt)		Δt	Δ%
		Perhitungan	Pengukuran		
1	30	1,054	1,066	0,012	1,14
2	32	1,149	1,153	0,004	0,35
3	34	1,185	1,207	0,022	1,87
4	36	1,357	1,349	0,008	0,59
5	38	1,408	1,393	0,015	1,07
6	40	1,462	1,472	0,010	0,68
Kesalahan rata-rata				0,95 %	

Sumber: Pengujian



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Antara Suhu T (°C) dan Hambatan R (k Ω)

Sumber: Datasheet HSM-20G

Diambil suatu sampel, kelembaban adalah 70 %RH. Untuk mengetahui berapa tegangan output yang dihasilkan dapat diukur pada pin nomor 3 dari HSM 20G.

$$V_{out} = \frac{R_I}{R_s + R_I} \times v$$

dengan:

$$V_{out} = 2,69 \text{ V data sheet untuk } 70\%$$

$$R_I = 100K\Omega$$

$$V = 5 \text{ V}$$

Sebagai contoh suhu adalah 70%RH maka tegangan dari sensor adalah:

$$V_{out} = \frac{R_I}{R_s + R_I} \times v$$

$$R_s = \left(\frac{R_I}{V_{out}} \times v \right) - R_I$$

$$R_s = \left(\frac{100}{2,69} \times 5 \right) - 100$$

$$R_s = 85,87 \text{ K}\Omega$$

$$R_s = 85,87 \text{ K}\Omega$$

$$\Delta t = |V_{out_Op-Amp}(\text{pengukuran}) - V_{out_Op-Amp}(\text{perhitungan})|$$

$$\Delta t = |2,73 - 2,69| = 0,04$$

$$\Delta\% = \left| \frac{\Delta t}{V_{out_Op - Amp}(\text{perhitungan})} \right| \times 100\%$$

$$\Delta\% = \left| \frac{0,04}{2,69} \right| \times 100\%$$

$$\Delta\% = 1,48\%$$

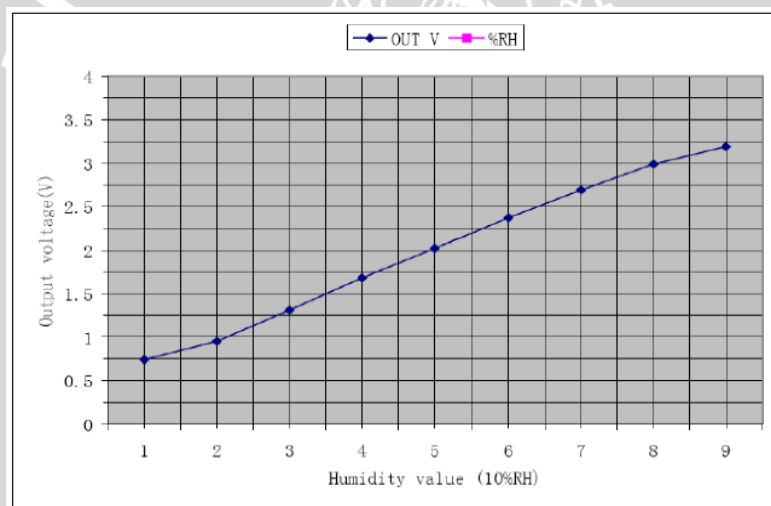
Dengan cara yang sama, nilai kesalahan relatif dapat dilihat pada tabel 5-2 sebagai berikut:

Tabel 5.2 Hasil Pengukuran dan Pengujian Kelembaban

No	Humidity % (RH)	Vout Sensor kelembaban (Volt)		Δt	$\Delta\%$
		Perhitungan	Pengukuran		
1	70	2,69	2,71	0,02	0,74
2	65	2,53	2,56	0,03	1,19
3	60	2,37	2,40	0,03	1,27
4	55	2,20	2,24	0,04	1,8
5	50	2,02	2,04	0,02	0,99
6	45	1,94	1,91	0,03	1,55
Kesalahan rata-rata				1,26 %	

Sumber: Pengujian

Untuk pengukuran kelembaban dapat dilihat dari gambar 5.4 sebagai berikut :



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Vout dengan Kelembaban (%RH)

Sumber: Datasheet HSM-20G

5.2 Pengujian Sensor Berat (Loadcell)

5.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian sensor berat (*loadcell*) bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang diberikan oleh mikrokontroler.

5.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang dibutuhkan antara lain:

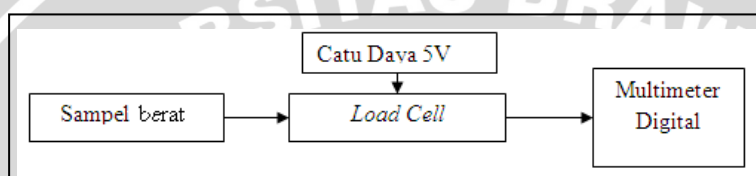
- multimeter digital
- catu daya +5 V
- rangkaian sensor berat (*loadcell*)

- sampel berat

5.2.3 Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujiannya adalah:

- merangkai peralatan seperti dalam gambar 5.5 keluaran rangkaian terhubung dengan multimeter digital.
- mengaktifkan catu daya.
- menaruh sampel berat
- mencatat tegangan yang tampak pada multimeter digital saat *loadcell* diberikan beban sampel yang berbeda-beda



Gambar 5.5 Diagram Blok Pengujian Sensor Berat
Sumber: Pengujian

5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Loadcell*

Massa (gr)	V+ (V)	V- (V)	Vin (mV)	Vout teori (V)	Vout praktek (V)	% Error
0	2.500000	2.500000	0	0	0	0
300	2.500029	2.499970	0.059405	0.3	0.29	3.33
600	2.500059	2.499940	0.118811	0.6	0.59	1.67
900	2.500089	2.499910	0.178217	0.9	0.85	5.55
1200	2.500118	2.499881	0.237623	1.2	1.17	2.50
1500	2.500148	2.499851	0.297030	1.5	1.57	4.60
1800	2.500178	2.499821	0.356435	1.8	1.83	1.67
2100	2.500207	2.499792	0.415841	2.1	2.05	2.38
2400	2.500237	2.499762	0.475247	2.4	2.33	2.91
2700	2.500267	2.499733	0.534653	2.7	2.67	1.11
3000	2.500297	2.499703	0.594059	3.0	2.89	3.67
Kesalahan rata – rata (%)						2.67

Sumber: Pengujian

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa respon tegangan keluaran *loadcell* terhadap perubahan berat memiliki kesalahan rata-rata sebesar 2,67%.



5.3 Pengujian Rangkaian Optocoupler

5.3.1 Tujuan Pengujian

Untuk mengetahui level tegangan keluaran dari rangkaian sensor posisi ketika cahaya yang dipancarkan oleh LED terhalang atau tidak terhalang oleh plat penghalang dan untuk mengetahui ketepatan dalam pembacaan sensor.

5.3.2 Peralatan Pengujian

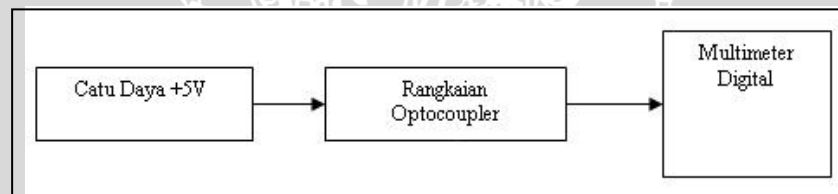
Peralatan yang dibutuhkan antara lain:

- multimeter digital
- catu daya +5 V
- rangkaian Optocoupler

5.3.3 Langkah Pengujian

Langkah-langkah pengujiannya adalah:

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.6 keluaran rangkaian terhubung dengan multimeter digital.
- mengaktifkan catu daya.
- mencatat tegangan yang tampak pada multimeter digital saat kondisi optocoupler gelap dan terang



Gambar 5.6 Diagram Blok Pengujian Optocoupler

Sumber: Pengujian

5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Optocoupler

Kondisi	Vout Teori (V)	Vout Praktek (V)	Error (%)
Gelap	4,6	4,56	0,87
Terang	0	0	0

Sumber: Pengujian

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pada keadaan gelap rangkaian Optocoupler memiliki kesalahan 0.87%

5.4 Pengujian Mikrokontroler

5.4.1 Tujuan Pengujian

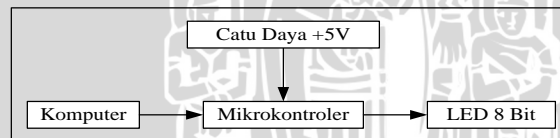
Pengujian mikrokontroler bertujuan untuk mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan.

5.4.2 Peralatan Pengujian

- komputer dengan kabel penghubungnya
- minimum sistem mikrokontroler AT89S52
- lampu LED mewakili keluaran 8 bit
- catu daya +5 volt

5.4.3 Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam gambar 5.7 keluaran terhubung dengan lampu LED yang mewakili keluaran 8 bit.
- mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yang meletakkan 0FH dan F0H pada Accumulator secara bergantian kemudian memindahkannya ke port 1. kemudian download pada mikrokontroler AT89S52.
- mengaktifkan catu daya.
- mereset program untuk mengeluarkan data mikrokontroler.
- mencatat data keluaran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Mikrokontroler

Sumber: Pengujian

5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Sistem Mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Sumber: Pengujian

Dari tabel 5.5 terlihat bahwa port 1 memberikan logika 0FH dan F0H secara bergantian sesuai dengan isi program.

5.5 Pengujian ADC PCF8591

5.5.1 Tujuan

Untuk mengetahui cara kerja dari rangkaian ADC PCF8591, apakah sesuai dengan yang direncanakan atau belum maka dilakukan pengujian.

5.5.2 Peralatan yang Digunakan

- Rangkaian ADC PCF 8591
- Sumber tegangan 5 volt
- Resistor 330 Ω
- LED

5.5.3 Langkah Pengujian

- Menghubungkan pin 9 (SDA) dan pin 10 (SCL) ADC PCF 8591 dengan rangkaian saklar
- Menghubungkan rangkaian pengujian ADC PCF 8591 dengan resistor 330 Ω , led, dan sumber tegangan 5 V
- Ketika ADC itu diberikan clock pada kaki SCL dengan SDA diberi perintah untuk menerjemahkan data konversi analog ke digital maka LED akan menyala dan mati
- Mengamati LED yang menyala dan mati kemudian mencatat hasilnya pada tabel.

5.5.4 Hasil Pengujian

Untuk mengetahui perubahan tegangan tiap bit ($V_{perstep}$) ADC adalah dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui : $V = 5$ Volt Step ADC = 2^8 (255), maka

$$\begin{aligned} V_{perstep} &= \frac{V_{max}}{255} \\ &= \frac{5}{255} = 0,0196 \text{ V} \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Hasil Pengujian ADC PCF8591

Input Tegangan (V)	SDA	SCL	Data Led	Keterangan
-	90h	Clock	01011010	Kirim base address ke PCF

-	00h	Clock	0000 0000	Pilih ADC ch0
-	91h	Clock	01011011	Tampilan data
0.00	00	Clock	00000000	Tampilan data
0.50	26	Clock	00011010	Tampilan data
1.01	52	Clock	00110100	Tampilan data
1.50	77	Clock	01001101	Tampilan data
2.02	103	Clock	01100111	Tampilan data
2.50	128	Clock	10000000	Tampilan data
3.00	153	Clock	10011001	Tampilan data
3.50	179	Clock	10110011	Tampilan data
4.00	204	Clock	11001100	Tampilan data
4.50	230	Clock	11100110	Tampilan data
4.99	255	Clock	11111111	Tampilan data

Sumber: Pengujian

Sedangkan untuk mengetahui data tegangan keluaran dari ADC ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut:

Diket V analog = 0.25 Volt, maka

$$\begin{aligned}
 V_{out} &= \frac{V_{analog}}{V_{perstep}} \\
 &= \frac{3}{0.0196} = 153.03 = 153 \\
 &= 10011001_{(2)} \\
 &= 99_{(16)}
 \end{aligned}$$

5.6 Pengujian Sistem LCD

5.6.1 Tujuan Pengujian

Pengujian LCD bertujuan untuk mengetahui LCD masih dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan program yang diberikan oleh mikrokontroler.

5.6.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan adalah:

- Mikrontroler
- LCD
- Catu daya 5 V

5.6.3 Langkah Pengujian

- Menginisialisasi LCD
- Member data karakter “Nungky Indra” pada baris pertama dan “NIM: 0610633049” pada baris kedua.

5.6.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Gambar 5.8 Menunjukkan tampilan NAMA pada baris pertama dan NIM pada baris kedua. Pada tampilan LCD terbukti bahwa data karakter yang diprogram oleh mikrokontroler dapat ditampilkan dengan baik.



Gambar 5.8 Tampilan LCD Pada Alat
Sumber: Pengujian

5.7 Pengujian Secara Keseluruhan

5.7.1 Tujuan Pengujian

Pengujian alat secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui apakah perangkat keras dan perangkat lunak berjalan dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah sistem pengendalian berjalan sesuai dengan perencanaan dan sebagai indikasi penelitian ini berhasil.

5.7.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian antara lain:

- Alat penakar beras otomatis yang telah selesai dibuat dan diprogram
- Catu daya AC 220 Volt
- Beras
- Timbangan digital

5.7.1 Langkah Pengujian

- Menyiapkan seluruh perangkat keras
- Mengaktifkan saklar catu daya
- Memasukkan beras kedalam *rice box*
- Menekan tombol ENT pada keypad
- Memasukkan nilai set point berat yang diinginkan
- Menimbang beras yang dikeluarkan *rice box*
- Mencatat data

5.7.2 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.7 Tabel Pengujian Berat

Set Point (gr)	Hasil Praktek (gr)	Error (gr)	Error (%)
100	103	3	3
150	153	3	2
250	254	4	1,6
370	375	5	1,35
450	454	4	0,88
520	528	8	1,54
670	676	6	0,89
750	760	10	1,33
820	827	7	0,85
900	909	9	1
1000	1008	8	0,8
1100	1112	12	1,09
Kesalahan rata-rata (%)			1,36

Sumber: Pengujian

Dari tabel 5.7 diatas dapat dilihat error maximum adalah 3% pada set point 100 gr dan error minimum adalah 0,8% pada set point 1000 gr serta kesalahan rata-rata 1,36%.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan penelitian, perancangan, pembuatan alat dan pengujian alat adalah:

1. Alat penakar beras otomatis dirancang dan dibuat menggunakan beberapa sensor antara lain:
 - a) Menggunakan sensor berat (*loadcell*) dengan nilai error pengujian *loadcell* rata – rata 2,67%
 - b) Menggunakan sensor level (*optocoupler*) dengan nilai error pengujian *optocoupler* pada kondisi gelap adalah 0,87 % .
2. Suhu dan kelembaban dikontrol oleh mikrokontroler yang telah di setting pada suhu 38° dan kelembaban 60%.
 - a) Pengukuran dan pengujian suhu memiliki kesalahan 1,07% pada suhu 38° seperti terlihat pada tabel di bawah:

NO.	Temperatur (°C)	Vout Sensor Suhu (Volt)		Δt	$\Delta \%$
		Perhitungan	Pengukuran		
1	30	1,054	1,066	0,012	1,14
2	32	1,149	1,153	0,004	0,35
3	34	1,185	1,207	0,022	1,87
4	36	1,357	1,349	0,008	0,59
5	38	1,408	1,393	0,015	1,07
6	40	1,462	1,472	0,010	0,68
Kesalahan rata-rata				0,95 %	

- b) Pengukuran dan pengujian kelembaban memiliki kesalahan 1,27% pada kelembaban 60% seperti terlihat pada tabel di bawah:

No	Humidity % (RH)	Vout Sensor kelembaban (Volt)		Δt	$\Delta\%$
		Perhitungan	Pengukuran		
1	70	2,69	2,71	0,02	0,74
2	65	2,53	2,56	0,03	1,19
3	60	2,37	2,40	0,03	1,27
4	55	2,20	2,24	0,04	1,8
5	50	2,02	2,04	0,02	0,99
6	45	1,94	1,91	0,03	1,55
Kesalahan rata-rata				1,26 %	

3. Alat penakar beras ini menggunakan logika fuzzy model Takagi-Sugeno-Kang (TSK Model) dengan inferensi seperti pada tabel di bawah:

NO	IF	Variabel Error	THEN	Variabel Keluaran
1	IF	E = SS	THEN	T
2	IF	E = S	THEN	BS
3	IF	E = SD	THEN	BSD
4	IF	E = B	THEN	BAP
5	IF	E = BS	THEN	BP

Kesalahan pengujian secara keseluruhan terendah 0,8% dan kesalahan tertinggi 3%

6.2 Saran

Dalam perancangan dan pembuatan alat ini masih terdapat kelemahan dan kekurangan sistem. Saran-saran untuk penyempurnaan kinerja alat dan pengembangan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

- a. Meningkatkan kemampuan *fuzzy logic controller* dapat dilakukan dengan menambah jumlah fungsi keanggotaan dan memodifikasi aturan-aturan fuzzy pada masing - masing variabel masukan dan keluaran.
- b. Penyempurnaan dalam hal mekanik alat agar alat dapat berfungsi dengan baik dan lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2005. *8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash AT89S52*. Atmel Corporation.
- Charles L. Philips, Royce D. Harbour. 1996. *Sistem Kontrol Lanjutan*. PT. Prenhallindo, Jakarta.
- Coughlin, Robert F. 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Jakarta: Erlangga.
- Dahlan, M. B. 2004. *Penanganan lepas panen padi*. Jakarta
- <http://www.szgeha.com/uploadfile/product/2008119154715655.pdf>. Diakses tanggal 23 Juni 2010
- <http://www.robotindonesia.com>, Diakses tanggal 23 Juni 2010.
- http://vurcanelectronic.blogspot.com/2008_10_13_archive.html. Diakses tanggal 23 Juni 2010.
- http://www.imariscal.es/user_upload/Image/Arduino/hsm20g.jpg. Diakses tanggal 23 juni 2010.
- <http://www.mytutorialcafe.com/mikrokontroller%20bab7%20Keypad.htm>, Diakses tanggal 23 juni 2010.
- <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/18098/4/Chapter%20II.pdf>, Diakses tanggal 23 juni 2010.
- <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/atmel/doc0180.pdf>, Diakses tanggal 23 juni 2010.
- <http://www.omega.com/pptst/LC501.html>, Diakses tanggal 23 Juni 2010.
- Malvino, Albert Paul. 1987. *Prinsip-prinsip Elektronika, Jilid 2, Cetakan ketiga*, terjemahan Prof. M. Barmawi, Ph.D, M.O Tjia, Ph.D. Jakarta : Erlangga.
- Ogata, K. 1991. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta.
- Team Penulis Pusat Pendidikan dan Latihan Pertanian. 1986. *Bercocok Tanam I*. CV.Yasaguna, Jakarta
- Teter, N. C. 1979. *Cooperative Port – Harvest Technology*. Philipinnes