



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RUANG PENERING MOCAL
MENGUNAKAN AVR ATMEGA16 BERBASIS *FUZZY*
*LOGIC CONTROLLER***

SKRIPSI

**SITI ROMLAH
0806366371**

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
JULI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN RUANG PENDING MOCAI
MENGUNAKAN AVR ATMEGA16 BERBASIS *FUZZY*
*LOGIC CONTROLLER***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**SITI ROMLAH
0806366371**

**DEPARTEMEN ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK
2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya cantumkan dengan benar

Nama : Siti Romlah
NPM : 0806366371
Tanda Tangan :

Tanggal : 9 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Siti Romlah
NPM : 0806366371
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Ruang Pengering MOCAL
Menggunakan AVR ATMega16 Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Telah berhasil dipertahankan di depan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo DEA

Penguji 1 :
Dr. Abdul Halim M.Eng

Penguji 2 :
Dr. Abdul Muis ST, M.Eng
Program Studi Teknik Elektro
Program Ekstensi FT UI
Ketua

Depok, 9 Juli 2010

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, baik dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Harry Sudibyo M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam skripsi ini. Semua staf pengajar dan para staf administrasi Program Ekstensi FT, Universitas Indonesia,
2. Orang tua, Ibu Pur dan keluarga yang selalu mendorong dan memberikan bantuan dukungan materiil maupun moril,
3. Semua sahabat, teman-teman (tidak dapat disebut satu-persatu) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 9 Juli 2010

Penulis

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS
(Hasil Karya Perorangan)**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Romlah
NPM : 0806366371
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (No-Exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancang Bangun Ruang Pengering MOCAL Menggunakan AVR ATMega16 Berbasis *Fuzzy Logic Controller* beserta perangkat yang ada (bila diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/ memformat-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mepublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai Pemilik Hak Cipta
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Di buat di: Depok

Pada tanggal: 9 Juli 2010

Yang menyatakan:

(Siti Romlah)

ABSTRAK

Nama : Siti Romlah
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Rancang Bangun Ruang Pengering MOCAL Menggunakan AVR ATmega16 Berbasis *Fuzzy Logic Controller*

Pengeringan bahan pangan konvensional umumnya dihamparkan dan dialas anyaman bambu, dijemur di bawah sinar matahari. Arena jemur terbuka, lalat dapat hinggap atau jamur tumbuh akibat kelembaban udara tidak terkontrol. Kebersihan dan higienitas bahan pangan menjadi hal yang penting. Ruang pengering modern berbentuk “inkubator” dengan sistem kontrol suhu dan kelembaban dirancang untuk menggantikan cara pengeringan konvensional. Obyek yang dikeringkan singkong, bahan baku Mocal pengganti tepung terigu yang masih import. Nilai ekonominya lebih tinggi dibandingkan tapioka. Hasil pengeringan singkong dalam inkubator lebih bersih, bebas debu, anti hujan dan higien dibandingkan cara konvensional. Suhu dan kelembaban ruang dikontrol dengan metode *Fuzzy Logic Controller (FLC)*. Temperatur, kelembaban udara dikondisikan agar proses pengeringan optimal. *Fuzzy Logic Controller (FLC)* digunakan untuk memproses input *Error*, $E(k)$ dan *Cange in Error* $dE(k)$. Karakteristik kering singkong adalah penyusutan ukuran bahan baku (40%). Suhu dan kelembaban udara dideteksi dan diukur oleh *ICLM35* dan *SHT11*. *Output* sensor akan dibandingkan dengan *setting point* menggunakan program bahasa C. Proses pengaturan *setting point* dan tampilan *output* diberikan dalam dua pilihan yaitu melalui LCD dan Komputer. Tampilan *output* komputer menggunakan program Visual Basic. Kontrol suhu ruang “inkubator” pada interval 38°C sampai dengan 55°C , kinerja pengeringan mencapai 90%.

Kata Kunci: suhu, kelembaban udara, Mocal, FLC, Bahasa C, Visual Basic

ABSTRACT

Nama : Siti Romlah
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Drying Room Design Using AVR ATmega16 MOCAL
Based Fuzzy Logic Controller

In conventional drying, foodstuffs spread on woven bamboo, dried in the sun. In the arena of open drying can fly alighted or fungi grow due to humidity is not controlled. Cleanliness and hygiene of foodstuffs is important thing. Modern drying chamber shaped "incubator" with temperature and humidity control system designed to replace conventional drying. The object is dried cassava raw material substitutes Mocal. The dried cassava in the incubator clean, dust free, anti-rain and hygienic compared to conventional way. Temperature and humidity controlled room with a Fuzzy Logic Controller (FLC). Temperature and humidity are conditioned to optimize drying process. Fuzzy Logic Controller (FLC) is used for processing input Error, $E(k)$ and changing in Error $dE(k)$. Characteristic of dry cassava is shrinkage of size of the raw materials (40%). Temperature and humidity will be detected and measured by ICLM35 and SHT11. Sensor outputs are compared with the setting point. FLC process is done by computer using the program language C. The process of setting point and display output is given in two options, LCD and Computer. View computer output using Visual Basic. Room temperature control "incubators" are expected to be at 38°C intervals up to 55°C, drying performance reached 90%.

Key words: temperature, humidity, Mocal, FLC, C Language, Visual Basic

DAFTAR ISI

Cover	Hal
Pernyataan Orisinilitas	ii
Lembar Pengesahan	iii
Ucapan Terima Kasih	iv
Lembar Pernyataan Publikasi	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Peralatan dan Bahan Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
1.6 Metode Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Singkong	5
2.2 MOCAL	5
2.3 Sistem Pengeringan	7
2.4 Heater	8
2.5 Bentuk Matematika Sistem Pengeringan dalam GH	8
2.6 <i>Fuzzy Logic Controller (FLC)</i>	9
2.6.1 Logika Fuzzy	9
2.6.2 Himpunan Fuzzy	10
2.6.3 <i>Fuzzyfication</i>	11
2.6.4 <i>Rules Evaluation</i>	12
2.6.5 <i>Defuzzyfication</i>	14
2.7 Sensor Suhu	15
2.7.1 Integrated Circuit Temperature Sensor	16
2.7.2 Prinsip Kerja IC Temperatur	16
2.7.3 Kelebihan dan Kekurangan IC LM35	17
2.8 Sensor Kelembaban	17
2.9 AVR ATmega16	20
2.9.1 Program Memori	21
2.9.2 SRAM Data Memori	21
2.9.3 EEPROM Data Memori	21
2.9.4 I/O Port	21
2.9.5 USART	22

BAB 3	PERANCANGAN SISTEM	
3.1	Sistem Kontrol Pengeringan	24
3.2	Ruang Pengering Calon Tepung Mocal	24
3.3	Blok Diagram Sistem	25
3.4	Prinsip Kerja Sistem	26
3.5	Ruang Pengering	27
3.6	Perencanaan Rangkaian Elektronik	28
	3.6.1 Rangkaian Sensor Kelembaban	28
	3.6.2 Rangkaian Aktuator	28
	3.6.2.1 Rangkaian Driver untuk Heater	28
	3.6.2.2 Rangkaian Driver untuk Blower	29
	3.6.3 Rangkaian Power Supply	29
	3.6.4 Rangkaian Mikrokontroler	30
	3.6.5 Konfigurasi Sistem	30
3.7	Perancangan Program Aplikasi Sistem	31
3.8	Kontroler Fuzzy (FLC)	32
BAB 4	PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA	
4.1	Realisasi Sistem	35
	4.1.1 Realisasi Hardware	35
	4.1.1.1 Modul Driver <i>Heater</i> dan Driver <i>Blower</i>	35
	4.1.1.2 Modul <i>Power Supply</i>	35
	4.1.1.3 Modul Mikrokontroler ATmega16	36
	4.1.1.4 Modul SHT11	36
	4.1.2 Tampilan GUI Sistem	36
	4.1.3 Realisasi Ruang Pengering	38
4.2	Alat dan Bahan Percobaan	39
4.3	Data Percobaan	40
	4.3.1 Data Pengukuran Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan	40
	4.3.2 Data Pengukuran Hardware	43
	4.3.3 Percobaan Tampilan GUI	43
	4.3.4 Data Hasil Pengukuran Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban	44
4.4	Analisis Hubungan Suhu, Kelembaban dan Lamanya Waktu Pengukuran Menggunakan SPSS	46
	4.4.1 Analisis Hubungan Suhu dan Kelembaban Menggunakan SPSS	46
	4.4.2 Analisis Hubungan Kelembaban dan Lamanya Waktu Pengeringan Menggunakan SPSS	49
	4.4.3 Analisis Hubungan Suhu dan Lamanya Waktu Pengeringan Menggunakan SPSS	51
4.5	Hasil Simulasi Kontroler Fuzzy Logic dengan Matlab	53
	4.5.1 Fungsi Keanggotaan Input	53
	4.5.2 Fungsi Keanggotaan Output	53
	4.5.3 Fuzzyfication	53
4.6	<i>Rule-rule</i> Menggunakan Matlab	55

4.7	Analisis Hasil Pengujian	58
4.7.1	Implikasi pada Input Error (E)	58
4.7.2	Implikasi pada Input dError (dE)	58
4.7.3	Kondisional Pernyataan	58
4.8	Studi Kasus	61
4.8.1	Kasus 1, Error (E) dan dError (dE) berada tepat di puncak klasifikasi fungsi keanggotaan	61
4.8.2	Kasus 2, Analisis Fuzzy Inference untuk Nilai Input Error(E) = + 0,2 dan dError (dE) = +0,004	62
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	63
	DAFTAR REFERENSI	
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Hal	
Gambar 1.1	Blok Diagram Penelitian	2
Gambar 2.1	Singkong	5
Gambar 2.2	Bagan Proses Pembuatan Tepung MOCAL	6
Gambar 2.3	Perbedaan Fuzzy Logic dan Boolean Logic	10
Gambar 2.4	Blok Diagram Proses Fuzzyfication	11
Gambar 2.5	Respon Kontrol Fuzzy	11
Gambar 2.6	Fungsi Keanggotaan Variable Input Error, e	12
Gambar 2.7	Fungsi Keanggotaan Variable Input Change in Error, $de(t)$	12
Gambar 2.8	Fungsi Keanggotaan Variable Output	12
Gambar 2.9	Blok Diagram Proses Rule Evaluation	13
Gambar 2.10	Blok Diagram Proses Defuzzyfication	14
Gambar 2.11	Diagram Blok FLC	15
Gambar 2.12	IC LM35	16
Gambar 2.13	Sensirion SHT11 Sensor Module (a) dan Diagram Pengkabelannya (b)	19
Gambar 2.14	Blok Diagram Pada Chip SHT11	19
Gambar 2.15	Rangkaian Aplikasi SHT 11	20
Gambar 2.16	Program Transmission Start	20
Gambar 2.17	Bit Frame USART ATmega16	22
Gambar 2.18	Konfigurasi Pin ATmega16	22
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem	25
Gambar 3.2	Blok Diagram Closed Loop System	26
Gambar 3.3	Flowchart Sistem	27
Gambar 3.4	Ruang Pengering	28
Gambar 3.5	Modul Sensor SHT11	28
Gambar 3.6	Rangkaian <i>Driver</i> untuk <i>Heater</i>	29
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Driver</i> untuk <i>Blower</i>	29
Gambar 3.8	Rangkaian <i>Power Supply</i>	30

Gambar 3.9	Rangkaian Mikrokontroler	30
Gambar 3.10	Konfigurasi Sistem	31
Gambar 3.11	Hasil Rancangan Program Aplikasi Sistem Menggunakan Visual Basic	31
Gambar 3.12	Hasil Rancangan Output Mikrokontroler dengan Tampilan LCD	32
Gambar 3.13	Diagram Blok FLC	33
Gambar 4.1	Modul <i>Driver Heater</i> dan <i>Driver Blower</i>	35
Gambar 4.2	Modul <i>Power Supply</i>	35
Gambar 4.3	Modul Mikrokontroler ATmega16	36
Gambar 4.4	Modul SHT 11	36
Gambar 4.5	Nama Pembuat Aplikasi	37
Gambar 4.6	Tampilan GUI Sistem	38
Gambar 4.7	Ruang Pengereng	39
Gambar 4.8	Perbedaan Diameter Singkong	39
Gambar 4.9	Perbedaan Ketebalan Singkong	40
Gambar 4.10	Diagram Alur Percobaan	40
Gambar 4.11	Grafik Penurunan Persentase Kadar Air Terhadap Waktu	41
Gambar 4.12	Grafik Penurunan Kadar Air Terhadap Ketebalan Chip Singkong	42
Gambar 4.13	Sample Tampilan GUI Percobaan	43
Gambar 4.14	Grafik Perubahan Tegangan Sensor Suhu Terhadap Interval Waktu	45
Gambar 4.15	Grafik Perubahan Tegangan Sensor Suhu Terhadap Interval Waktu	45
Gambar 4.16	Pengaruh Suhu terhadap Kelembaban	48
Gambar 4.17	Grafik Uji Linieritas	48
Gambar 4.18	Model Summary dan Tabel ANOVA	49
Gambar 4.19	Pengaruh Waktu Pengerengan terhadap Kelembaban	50
Gambar 4.20	Grafik Uji Linieritas Waktu dan Kelembaban	50
Gambar 4.21	Pengaruh Waktu Pengerengan terhadap Suhu	52
Gambar 4.22	Grafik Uji Linieritas Waktu dan Suhu	52
Gambar 4.23a	Fungsi Keanggotaan Variabel Input Error (E)	54
Gambar 4.23b.	Fungsi Keanggotaan Variabel Input Change in Error (dE)	54

Gambar 4.23c	Fungsi Keanggotaan Variabel Output (U)	55
Gambar 4.24a	Program Pembuatan Rules Pada Matlab	55
Gambar 4.24b	Tampak Permukaan Pengereman (3D)	55
Gambar 4.24c.	Implikasi untuk E , dE dan Output U	56
Gambar 4.25.	Daerah Input Variabel Error (E) = +0,3147	58
Gambar 4.26.	Daerah Input Variabel dError d(E) = + 0,31	58
Gambar 4.27.	Daerah Implikasi Input Variabel Error	59
Gambar 4.28.	Daerah Implikasi Input Variabel dError	59
Gambar 4.29.	Inference Rule 1	60
Gambar 4.30.	Inference Rule 2	60
Gambar 4.31.	Hasil Inference pada Output	60
Gambar 4.32	Implikasi untuk E =0 dan dE = 0	61
Gambar 4.33.	Defazifikasi Error (E)=0, dError (dE=0), dengan Matlab	63
Gambar 4.34.	Daerah Input Variabel Error (E) = + 0,2	63
Gambar 4.35.	Daerah Input Variabel dError d(E) = + 0,004	63
Gambar 4.36.	Daerah Implikasi Input Variabel Error	64
Gambar 4.37.	Daerah Implikasi Input Variabel dError	64
Gambar 4.38.	Daerah Inference Rule 1	65
Gambar 4.39.	Daerah Inference Rule 2	65
Gambar 4.40	Daerah Inference Rule 3	65
Gambar 4.41	Daerah Inference Rule 4	66
Gambar 4.42.	Defazifikasi Error (E)=0.2, dError (dE=0.004), dengan Matlab	67
Gambar 4.43.	Hasil Inference Output	67

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Perbedaan Komposisi Kimia MOCAL dengan Tepung Singkong	6
Tabel 2.2 Matriks Aturan Fuzzy Konsep Mac Vicar Whelan	13
Tabel 2.3 Aturan Fuzzy Berdasarkan Tabel 2.6	13
Tabel 2.4 Bentuk Metode <i>Defuzification</i>	15
Tabel 2.5 Hubungan DT-AVR Low Cost Micro System Dengan DT-SENSE SHT11 module	18
Tabel 2.6 PIN connection SHT11	19
Tabel 2.7 Konfigurasi Pin I/O ATmega16	22
Tabel 3.1 Matriks Aturan Fuzzy dengan Menerapkan Konsep Mac Vicar Whelan	32
Tabel 3.2 Aturan Fuzzy Berdasarkan Tabel 3.1	32
Tabel 3.3 Identifikasi parameter kontroler FLC	33
Tabel 4.1 Data Pengukuran Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan	41
Tabel 4.2 Data Pengukuran Ketebalan Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan	42
Tabel 4.3 Pengukuran Tegangan Pada Modul Rangkaian	43
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Sensor Suhu	44
Tabel 4.5 ANOVA Suhu Kelembaban	47
Tabel 4.6 Model Summary	47
Tabel 4.7 <i>Correlations Table</i> Suhu dan Kelembaban	48
Tabel 4.8 <i>Correlations Table</i> Waktu dan Kelembaban	51
Tabel 4.9 ANOVA Suhu dan Waktu Pengeringan	51
Tabel 4.10 Korelasi Waktu Pengeringan dan Suhu	53
Tabel 4.11 Aturan Fuzzy Manual	56
Tabel 4.12 Rule Input Error $E = + 0,3147$ dan Change in Error $dE = + 0,31$	59
Tabel 4.13 Rule Input Error (E) = + 0,2 dan dError (dE) = +0,008	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

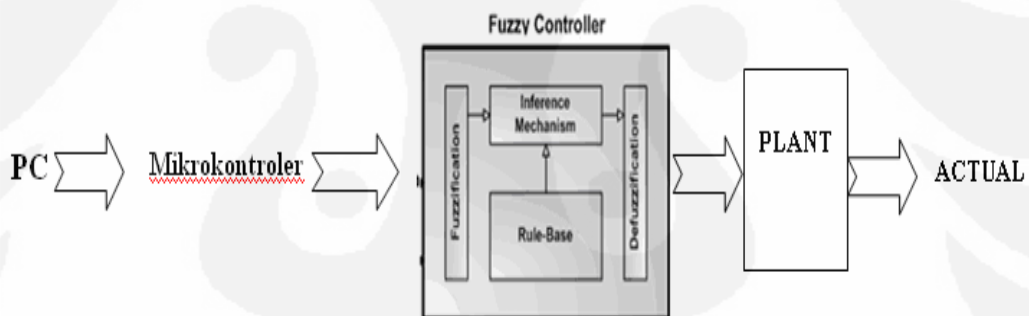
Produksi singkong (cassava) di Indonesia mencapai 21 juta ton/tahun. Tingginya produksi singkong merupakan potensi yang besar untuk dikembangkan menjadi komoditas industri pertanian berbasis karbohidrat. Singkong juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tepung. Tepung singkong tersebut dapat dimodifikasi menjadi tepung berbentuk lain yang dikenal dengan istilah MOCAL. MOCAL singkatan dari Modified Cassava Flour. Tepung MOCAL dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis makanan, seperti mie, kue kering, hingga makanan semi basah. Dibandingkan dengan harga jual tepung tapioka sekitar Rp1.200-Rp1.300 per kg, harga MOCAL di pasar lebih tinggi karena bisa mencapai Rp4.300 per kg. Dibandingkan dengan harga tepung terigu di atas Rp7.000 per kg MOCAL juga lebih murah. Selain itu, proses produksi MOCAL ini juga ramah lingkungan.

Efektifitas produksi MOCAL dapat membatu penghematan devisa negara karena diharapkan dapat menggantikan sekitar 30% kebutuhan tepung terigu nasional yang diimpor dari negara lain. Adanya potensi ekspor dimana Jepang sudah membuka diri untuk menjadi negara pengimpor tepung MOCAL serta kandungan nutrisinya dinilai banyak pihak lebih daripada tepung terigu menjadikan MOCAL sebagai prospek cerah untuk industri pertanian di Indonesia.

Pengeringan merupakan salah satu upaya untuk menjaga kualitas bahan hasil pertanian dari kerusakan mikrobiologis, enzimatis, dan kimiawi. Pengeringan dapat terjadi karena adanya aliran udara dan energi panas. Aliran udara panas akan mempengaruhi suhu pengeringan, oleh karena itu aliran udara yang diberikan harus dalam jumlah yang tepat. Kekurangan aliran udara panas akan menyebabkan kondensasi pada lapisan produk sedangkan kelebihan aliran

udara panas dapat menyebabkan keretakan atau produk akan mengalami dehidrasi.

Suhu dan kelembaban merupakan faktor yang mempengaruhi mutu produk yang dikeringkan. Sistem pengeringan mengacu pada pencapaian suatu kondisi kering dari singkong. Karakteristik kering diperoleh dengan pengukuran penyusutan ukuran bahan baku yang mewakili penurunan kadar air. Temperatur dideteksi dengan menggunakan sensor LM335 dan kelembaban dideteksi dengan menggunakan sensor SHT11. Tegangan (keluaran) selanjutnya akan diolah untuk mengontrol jalannya sirkulasi udara. *Output* sensor akan digunakan sebagai *input controller* untuk mengaktifkan *driver*. ATMEGA16 sebagai IC mikrokontroler yang digunakan pada sistem pengeringan ini. *Fuzzy Logic Controller* merupakan metode pengontrolan yang digunakan untuk mendapatkan range pengeringan yang lebih variatif dan luas. *Output* proses pengeringan ditampilkan melalui PC (Personal Computer) ataupun LCD.



Gambar 1. 1. Blok Diagram Penelitian

1.2 Tujuan Penelitian

Rancang bangun ruang pengering berbasis *fuzzy logic controller* untuk pengontrolan pengeringan secara kontinyu dan terkomputerisasi guna mempercepat proses pengeringan MOCAL. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar pemikiran pengembangan bidang industri pangan, khususnya pada proses pengeringan yang bersih terbebas dari hama ataupun debu, efisien, hemat tempat, tidak tergantung sinar matahari & unjuk kerja sistem dapat dimonitor secara kontinyu melalui komputer.

1.3 Pembatasan Masalah

Pengontrolan proses pengeringan MOCAL agar suhu ruangan diharapkan berada pada interval 38⁰C sampai dengan 55⁰C. Kualitas, karakteristik bahan/material alat tidak dibahas. Penelitian mencakup permasalahan tentang :

- Penjabaran model matematis pada proses pengontrolan yang dipengaruhi suhu dan kelembaban
- Pemrograman kontrol menggunakan *Fuzzy Logic*
- Demo Plant Pengontrolan Suhu Pengeringan menggunakan *Fuzzy Logic*

1.4 Peralatan dan Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian adalah:

- Alat Ruang Pengering berupa box berbahan dasar acrylic berdimensi 60cm x 40cm x 40cm dilengkapi dengan LCD, *Heater* dan *Blower* serta modul-modul rangkaian elektronik
- Software Visual Basic (VB), AVR Code vision, Matlab dan SPSS.
- Personal Computer

1.5 Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan, membahas latar belakang masalah, tujuan, pembatasan masalah, peralatan dan bahan penelitian, sistematika penulisan.

Bab 2 Tinjauan Pustaka, mempelajari dan membahas tentang karakteristik Mocal, sensor dan *Fuzzy Logic Controller (FLC)*

Bab 3 Menjelaskan tentang cara kerja *plant*, perencanaan dan pemrograman pada sistem kontrol Fuzzy.

Bab 4 Berisi hasil eksperimen, pengambilan data dan studi kasus.

Hasil pengujian akan memaparkan kinerja kerja alat, penyebab ketidaksempurnaan alat, kendala pembuatan *software*/program berkaitan dengan *hardware*.

Bab 5 Berisi kesimpulan penelitian dan saran-saran. Hal-hal yang mungkin bisa dilakukan untuk memperbaiki kerja alat ataupun memodifikasi alat agar menjadi lebih sempurna. Implementasi perangkat lunak juga berpeluang lebih optimal.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan beberapa cara untuk saling melengkapi dan saling mendukung, antara lain:

- Metode Literatur tentang kontrol suhu dan kelembaban, digunakan untuk memperoleh informasi mengenai metode kontrol suhu dan kelembaban. Media yang digunakan adalah buku-buku kontrol dan aplikasinya, datasheet, jurnal serta sumber pustaka lainnya.
- Percobaan/*trial* untuk mendapatkan interval *error* dan *change in error* yang akan digunakan sebagai nilai *setting point* dalam pembuatan program pada *Fuzzy Logic Controller*
- Simulasi *software* untuk proses pembentukan *rules Fuzzy Logic Controller* dan pengujian terhadap rules yang telah dibuat sebelum diprogram kedalam mikrokontroler
- PC dihubungkan dengan kabel serial ke modul mikrokontroler. PC menampilkan keseluruhan proses dengan keadaan sebenarnya dan waktu nyata (*real-time*).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Singkong

Singkong merupakan bahan baku berbagai produk industri seperti industri makanan, farmasi, tekstil dan lain-lain. Dalam industri makanan, pengolahan singkong dapat digolongkan menjadi tiga yaitu hasil fermentasi singkong (tape/peuyem), singkong yang dikeringkan (gaplek) dan tepung singkong atau tepung tapioka



Gambar 2. 1 Singkong

Produksi singkong dapat digunakan untuk mendukung industri tepung modified cassava flour (MOCAL). Kepanjangan Mocal adalah *Modified Cassava Flour*, modifikasi singkong menjadi tepung, dipublikasikan pertengahan 2008.

2.2 MOCAL

Kata MOCAL adalah singkatan dari *Modified Cassava Flour* yang berarti tepung singkong yang dimodifikasi Secara definitif, MOCAL adalah produk tepung dari singkong (*Manihot esculenta* Crantz) yang diproses menggunakan prinsip memodifikasi sel singkong secara fermentasi, dimana mikrobia BAL (Bakteri Asam Laktat) mendominasi selama fermentasi tepung singkong ini.

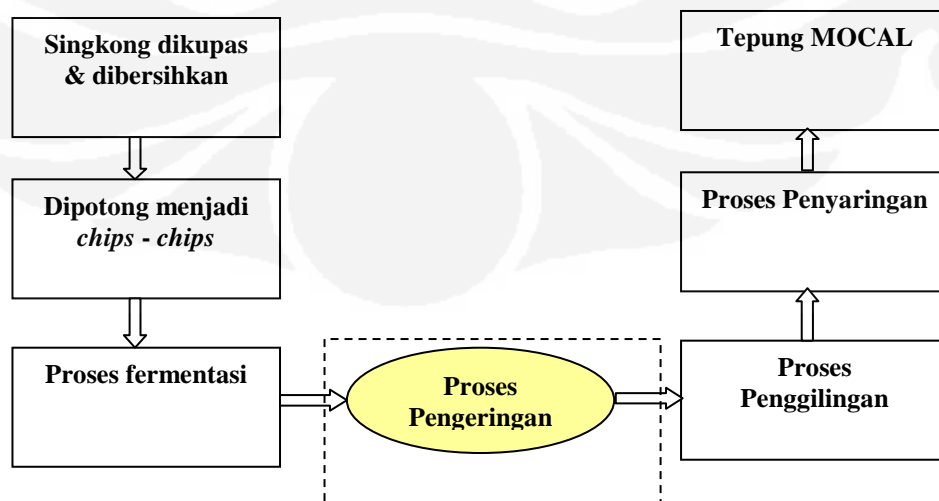
MOCAL dapat digolongkan sebagai produk *edible cassava flour* berdasarkan Codex Standard, Codex Stan 176-1989 (Rev. 1 - 1995). Walaupun

dari komposisi kimianya tidak jauh berbeda (Tabel 2.1), MOCAL mempunyai karakteristik fisik dan organoleptik yang spesifik jika dibandingkan dengan tepung singkong pada umumnya. Kandungan protein MOCAL lebih rendah dibandingkan tepung singkong, dimana senyawa ini dapat menyebabkan warna coklat ketika pengeringan atau pemanasan. Dampaknya adalah warna MOCAL yang dihasilkan lebih putih jika dibandingkan dengan warna tepung singkong biasa.

Tabel 2.1. Perbedaan Komposisi Kimia MOCAL dengan Tepung Singkong

Parameter	Mocal	Tepung Singkong
Kadar Air (%)	Max. 13	Max. 13
Kadar protein (%)	Max. 1,0	Max. 1,2
Kadar abu (%)	Max. 0,2	Max. 0.2
Kadar pati (%)	85 - 87	82 - 85
Kadar serat (%)	1,9 - 3,4	1,0 – 4,2
Kadar lemak (%)	0,4 - 0,8	0,4 - 0,8
Kadar HCN (mg/kg)	tidak terdeteksi	tidak terdeteksi

Secara sederhana, proses pembuatan tepung MOCAL dimulai dari pengupasan singkong kemudian dicuci bersih dan dipotong-potong menjadi *chips*. Setelah itu, *chips* singkong tersebut difermentasi dan dikeringkan. Selama ini proses pengeringan menggunakan metode konvensional, yaitu dengan mengandalkan sinar matahari. Setelah dikeringkan, singkong digiling, diayak (disaring), dikemas menjadi produk tepung.



Gambar 2.2. Bagan Proses Pembuatan Tepung MOCAL

2.3 Sistem Pengeringan

Pengeringan (*drying*) adalah pemisahan sejumlah kecil air atau zat cair lain dari bahan padat, sehingga mengurangi kandungan sisa zat cair di dalam zat padat tersebut sampai suatu nilai rendah yang dapat diterima. Pengeringan dapat pula diartikan sebagai usaha memindahkan atau mengurangi air dari suatu bahan pangan. Pada proses pengeringan terdapat dua metode yaitu pengeringan alami (*natural*) dan pengeringan buatan (*Kiln Dryer*).

Pengeringan alami dikategorikan dalam dua kelompok yaitu:

1. Pengeringan Langsung (Metode Radiasi)

Pengeringan langsung menggunakan energi radiasi thermal sinar matahari untuk mengabsorpsi (menyerap) air menjadi uap air.

2. Pengeringan Tidak Langsung (Metode Konveksi)

Bila udara di sekitar singkong dalam keadaan panas dan kering, air dalam singkong akan terabsorpsi. Daya absorpsi udara ini juga dipengaruhi oleh gerak geseran udara (angin). Sedangkan proses pengeringan buatan (*kiln dryer*) yaitu:

1. Kelembaban Udara (*Air Humidity*)

Kelembaban udara adalah jumlah persentase kandungan air yang terkandung dalam udara. Kelembaban udara akan menurun jika udara dipanaskan dan akan meningkat persentasenya bila udara didinginkan.

2. Pengaruh Panas Thermal (Temperatur)

Pada sistem pengeringan, temperatur udara di sekitar obyek adalah hal yang penting untuk diperhatikan karena temperatur berpengaruh terhadap obyek.

3. Pengaturan Iklim (Udara) Pengering

Pengaturan udara merupakan prinsip dasar dari pengering buatan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengeringan :

- a. Faktor yang berhubungan dengan udara pengering, seperti suhu, kecepatan volume, aliran udara pengering dan kelembaban udara.

- b. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan, seperti ukuran bahan dan kadar air awal.

2.4 Heater

Heater listrik dibagi dalam sistem langsung (*direct*) dan sistem tak langsung (*indirect*). Sistem langsung mengindikasikan terjadinya konversi energi dari listrik menjadi panas tanpa perantara, seperti *heater* jenis konveksi (*Electric Fan Heater*) dan radiasi (*Lamp Heater*). Sistem tak langsung seperti *Heat Pump* (kebalikan dari fungsi *AC*). Pada *heater* listrik jenis konveksi, panas yang dihasilkan sebanding dengan kuadrat arus dikalikan hambatan tersebut. Panas yang terbentuk dipindahkan ke lingkungan dengan cara konveksi menggunakan dorongan udara dari kipas (*fan*). Udara panas menyebar dan menciptakan kesetimbangan *thermal* ke seluruh ruangan.

Heater merupakan salah satu aplikasi dari Hukum Termodinamika I, menjelaskan bahwa energi adalah kekal, artinya jumlah energi sebelum dan sesudah proses adalah sama. Energi tidak dapat dimusnahkan dan energi tidak dapat dibuat, namun energi dapat berubah dari satu bentuk energi ke bentuk energi yang lain¹. Perubahan energi dalam sistem = Kalor yang ditambahkan pada sistem (sistem menerima energi) – Kerja yang dilakukan oleh sistem (sistem melepaskan energi). Secara matematis, Hukum Kekekalan Energi dinyatakan sbb :

$$\Delta U = Q - W \quad (2.1)$$

ΔU = Perubahan energi dalam

Q = Kalor

W = Kerja/usaha

2.5 Bentuk Matematika Sistem Pengeringan

Secara umum pengeringan merupakan proses perpindahan panas yang disertai perubahan fase untuk memisahkan sejumlah air dari suatu sistem. Proses

¹ Wajan Berata. 2003. Prediksi Kurva S-N berdasarkan Hukum Kekekalan Energi pada Pembebanan Dinamis Kombinasi Aksial-Torsional. *Jurnal Teknik Mesin, Volume 3, Nomor 2, Surabaya Mei 2003* Program Studi Metalurgi Teknik Mesin ITS Surabaya.

pengeringan dilakukan hingga diperoleh bahan padatan yang masih mengandung air sesuai kadar yang ditentukan/dikehendaki. Dua metode yang dapat digunakan untuk penurunan kadar air adalah:

- Persamaan kadar air basis basah suatu bahan adalah:

$$\% M_w = \frac{M_a}{M_u + M_p} \times 100 \% \quad (2.2)$$

Dengan $\% M_p$: presentase kadar air basis kering (%)

$\% M_w$: presentase kadar air basis basah (%)

$\% M_a$: Massa air (kg)

$\% M_u$: Massa padatan (kg)

- Persamaan kadar air basis kering suatu bahan adalah:

$$M_D = \frac{M_a}{M_p} \times 100 \% \quad (2.3)$$

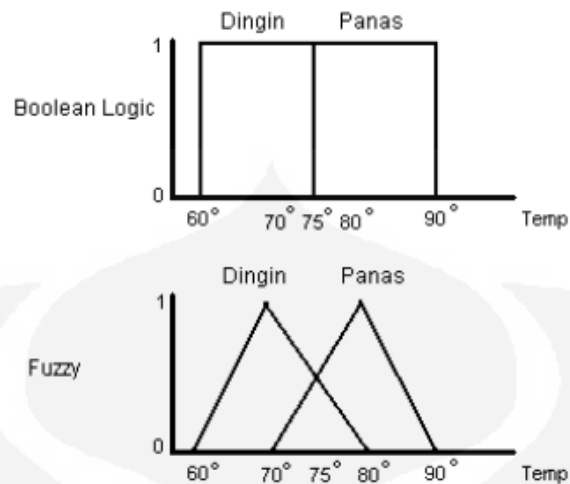
dengan $\% M_D$: presentase kadar air basis basah

2.6 Fuzzy Logic Controller (FLC)

Pengendali diskrit menerapkan suatu sistem dengan membentuk aturan-aturan jika – maka (*If – Then Rules*) [6]. Aturan jika - maka mengikuti pendekatan secara linguistik yang dibentuk dari kondisi suatu nilai kontinyu menjadi nilai diskrit, disebut sistem logika fuzzy². Sistem Logika Fuzzy ini tidak memiliki ketergantungan pada variabel–variabel proses kendali. Sistem ini dikembangkan dalam bidang teknik kontrol, terutama untuk sistem nonlinier dan dinamis.

2.6.1 Logika Fuzzi

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari [logika Boolean](#) yang berhadapan dengan konsep [kebenaran sebagian](#)². [Logika klasik](#) menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah [binary](#) (0 atau 1, panas atau dingin, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan [tingkat kebenaran](#). Logika fuzzy memungkinkan mengembangkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1 [17]. Salah satu contoh dari perbedaan fuzzy dengan boolean *logic* dapat diilustrasikan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Perbedaan Fuzzy Logic dan Boolean Logic

Prof. Lotfi A Zadeh mengemukakan bahwa *true* atau *false* dalam logika Boolean tidak dapat merepresentasikan pernyataan yang tidak pasti. Pernyataan tidak pasti atau kabur berada diantara pernyataan true atau false, seperti yang sering terjadi dalam dunia nyata². Logika Fuzzy memiliki banyak nilai kemungkinan (*multi value*), sedangkan Logika Boolean hanya memiliki dua nilai kemungkinan (*two value*). Jika pada Boolean, dua kemungkinannya misalnya benar dan salah pada Fuzzy terdapat kemungkinan lain. Pernyataan lebih spesifik diantara pernyataan true atau false dapat diperoleh dalam Logika Fuzzy. Spesifiknya pernyataan harus diolah sesuai prosedur pada Logika Fuzzy. Berawal dari menentukan fungsi keanggotaan (*membership function*) bagi tiap nilai input dari proses Fuzzy (*crispt input*). Derajat keanggotaan (*degree of membership*) menyatakan derajat dari crispt input sesuai membership function antara 0 - 1, sehingga memungkinkan bagi suatu persamaan memiliki nilai *true* dan *false* secara bersamaan.

2.6.2 Himpunan Fuzzy

Teori himpunan Fuzzy memungkinkan derajat keanggotaan (*member of degree*) obyek suatu himpunan dinyatakan dalam interval antara “0” dan “1” atau $[0, 1]^2$. Himpunan fuzzy F dalam semesta X biasanya dinyatakan sebagai pasangan berurutan dari elemen x dan mempunyai derajat keanggotaan [13]:

$$F = \{(x, \mu_F(x)) / x \in X\} \quad (2.4)$$

F : notasi himpunan fuzzy
 x : elemen generik dari X_μ

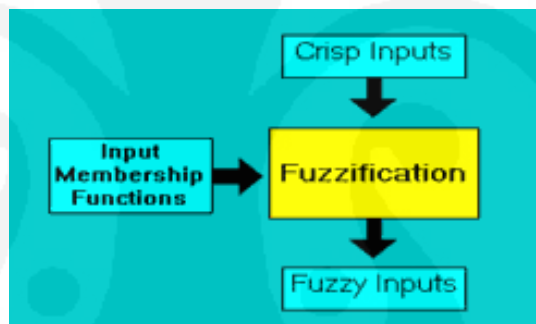
X : semesta pembicaraan
 F(x): derajat keanggotaan dari x.

Fungsi keanggotaan (*membership function*) dari himpunan Fuzzy [14] disajikan dalam bentuk gabungan derajat keanggotaan tiap-tiap elemen pada semesta pembicaraan dinyatakan dengan persamaan:

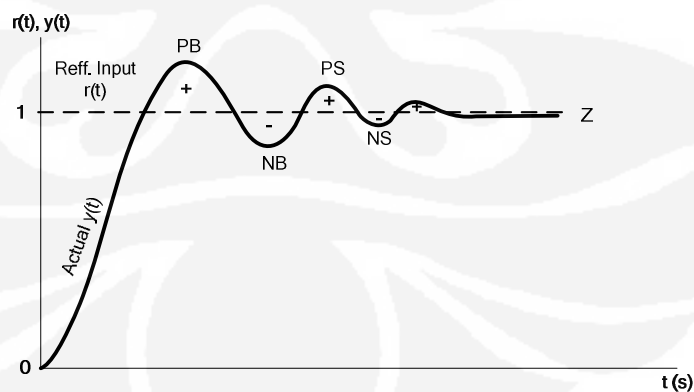
$$F = \sum \mu F(u_i)/u_i \quad (2.5)$$

2.6.3 Fuzzyfication

Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan nilai – nilai input (crisp input) dari sistem kedalam himpunan fuzzy. Umumnya input yang dikontrol (besaran non fuzzy) diubah kedalam himpunan fuzzy menurut fungsi keanggotaanya². Himpunan fuzzy tersebut merupakan input fuzzy yang akan diolah seperti yang terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Blok Diagram Proses Fuzzyfication



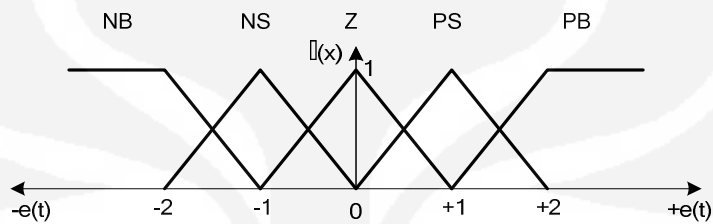
Gambar 2.5 Respon Kontrol Fuzzy

² B.S Rahayu Purwanti.2009.Sistem Kendali Pengereman Pada Kontrol Motor DC Menggunakan FLC.Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika,Surabaya 9 Agustus 2009,Prosiding: Kumpulan Makalah Bidang Terapan: 75-86

Dapat diambil contoh himpunan dengan 5 keadaan, yaitu :

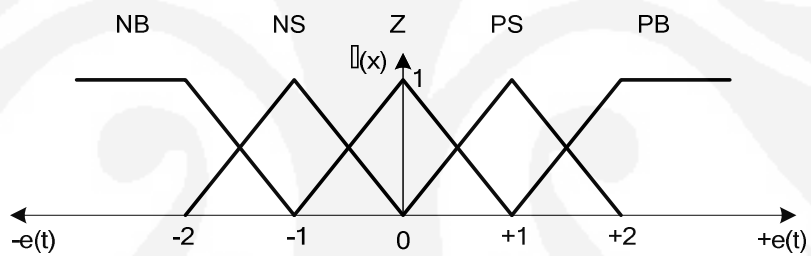
- Positive-Big (PB) = 2
- Positive-Small (PS) = 1
- Zero (Z) = 0
- Negative-Small (NS) = -1
- Negative-Big (NB) = -2

Membership function Error, $e(t)$:



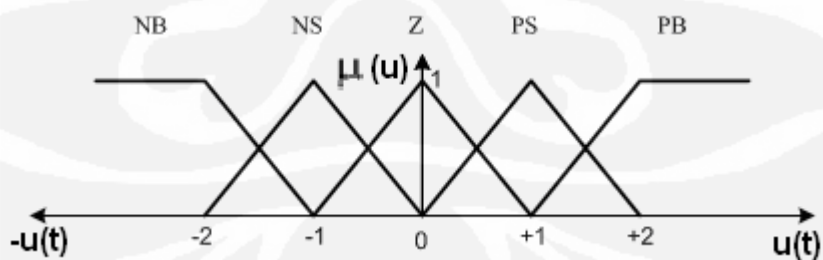
Gambar 2.6 Fungsi Keanggotaan Variabel input Error, e

Jika membership function pada change in error dibuat sama, maka $de(t)$:



Gambar 2.7 Fungsi Keanggotaan Variabel Input Change in Error, $de(t)$

Jika membership function pada output dibuat sama, maka $u(t)$:



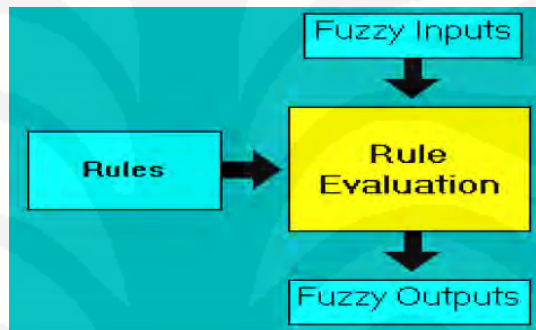
Gambar 2.8 Fungsi Keanggotaan Variabel Output $u(t)$

2.6.4 Rules Evaluation

Rule base berisi aturan-aturan kendali fuzzy yang digunakan untuk pengendalian proses². Basis aturan kendali fuzzy adalah kumpulan aturan-aturan

kendali fuzzy yang dibuat berdasarkan pengetahuan manusia dalam pengendalian suatu sistem. Aturan yang ditetapkan digunakan untuk menghubungkan antara variabel-variabel masukan dan variabel-variabel keluaran [17]. Aturan ini berbentuk ‘jika – maka’ (*if - then*).

Proses *rules evaluation* berfungsi untuk mencari suatu nilai fuzzy *output* dari fuzzy *input*¹. Prosesnya yaitu suatu nilai fuzzy input yang berasal dari proses fuzzification kemudian dimasukkan kedalam sebuah rule yang telah dibuat untuk dijadikan sebuah *fuzzy output*. Rules evaluation nantinya akan menentukan respon sistem terhadap berbagai kondisi setting point dan gangguan yang terjadi pada sistem [17].



Gambar 2.9 Blok Diagram Proses Rule Evaluation

Jika digunakan himpunan dengan 5 (lima) keadaan, matriks dan *rule base* dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3

Tabel 2.2 Matriks Aturan Fuzzy Konsep Mac Vicar Whelan

Output, U		Error, E				
		NB	NS	Z	PS	PB
Delta Error, dE	NB	NB	NB	NB	NS	Z
	NS	NB	NS	NS	Z	PS
	Z	NB	NS	Z	PS	PB
	PS	NS	Z	PS	PS	PB
	PB	Z	PS	PB	PS	PB

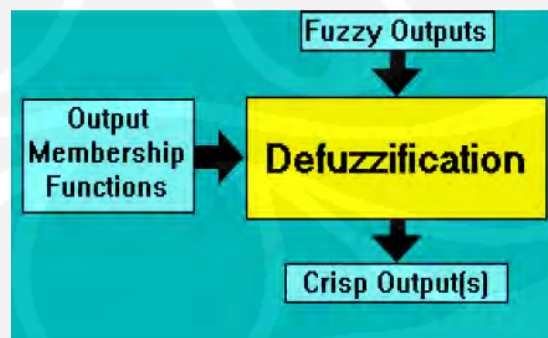
Tabel 2.3 Aturan Fuzzy Berdasarkan Tabel 2.2

NO	IF	Error, e is	AND	Change in Error, de is	THEN	Out, U is
1		NB		NB		NB
2		NB		NS		NB
3		NB		Z		NB
4		NB		PS		NS

5	NB	PB	Z
6	NS	NB	NB
7	NS	NS	NS
8	NS	Z	NS
9	NS	PS	Z
10	NS	PB	PS
11	Z	NB	NB
12	Z	NS	NS
13	Z	Z	Z
14	Z	PS	PS
15	Z	PB	PB
16	PS	NB	NS
17	PS	NS	Z
18	PS	Z	PS
19	PS	PS	PS
20	PS	PB	PS
21	PB	NB	Z
22	PB	NS	PS
23	PB	Z	PB
24	PB	PS	PB
25	PB	PB	PB

2.6.5 Defuzzification

Defuzzifikasi merupakan proses pengubahan besaran Fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan Fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*) [17]. Biasanya dibutuhkan alat bantu (*software*) untuk mengembangkan aplikasi Fuzzy mulai dari tahap perancangan, evaluasi, implementasi dan penalaan (*tuning*). Kontroler Fuzzy digunakan untuk memberikan respon yang baik terhadap kondisi keadaan tunak (*steady state*) [14]. Pada tahap Defuzzifikasi dilakukan pemetaan bagi nilai-nilai fuzzy output ke nilai-nilai output kuantitatif yang sesuai.

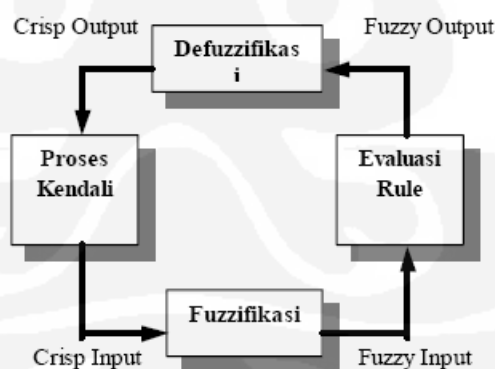


Gambar 2.10 Blok Diagram Proses Defuzzification

Tabel 2.4 Bentuk Metode *Defuzification* [8, 12]

<i>Assessment</i>	<i>Method</i>		
<i>Criteria</i>	<i>Center-of-Gravity (COG)</i>	<i>Center-of-Maximum (COM)</i>	<i>Mean-of-Maximum</i>
<i>Linguistic Characteristic</i>	<i>Center-of-Area (COA)</i>	<i>Best Compromise</i>	<i>Most Plausible Result</i>
<i>Fit with Intuition</i>	<i>Best Compromise</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>
<i>Continuity</i>	<i>Implausible with varying membership function shapes and strong overlapping membership function</i>	<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Computational Effort</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>	<i>Very Low</i>
<i>Application Field</i>	<i>Very High</i>	<i>Low</i>	<i>Pattern Recognition, Decision Support, Data Analysis</i>
	<i>Closed-loop Control, Decision Support, Data Analysis</i>	<i>Closed-loop Control, Decision Support, Data Analysis</i>	<i>Pattern Recognition, Decision Support, Data Analysis</i>

Fuzzy logic controller melakukan pengaturan sinyal keluaran berdasarkan sinyal error yang berasal dari selisih set point (SP) dan sinyal proses variable (PV) [20]. Pengambilan keputusan fuzzy sebagai keluaran sinyal kontrol dilakukan oleh proses kuantisasi dan fuzzifikasi dengan membuat *rule base* setelah sinyal *error* dan *change in error*. Keluarannya berupa data kualitatif, diubah melalui proses defuzzifikasi menjadi data kuantitatif [17].



Gambar 2.11 Diagram Blok FLC

2.7 Sensor Suhu

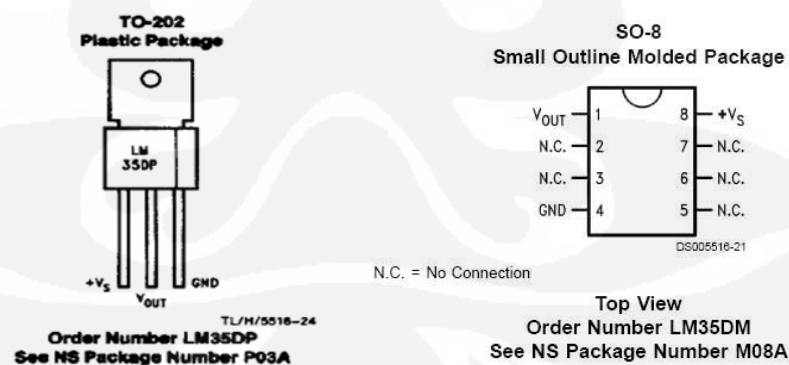
Sensor suhu adalah [alat](#) yang digunakan untuk merubah [besaran panas](#) menjadi besaran [listrik](#) yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat [sensor](#) ini, salah satunya dengan

cara menggunakan material yang berubah [hambatannya](#) terhadap [arus listrik](#) sesuai dengan suhunya. Beberapa macam sensor suhu yang digunakan pada aplikasi pengukuran suhu yaitu :

- Bimetalic Temperatur Sensor
- Thermocouples
- Resistance Temperature Detectors
- Thermistors
- Integrated Circuit Temperature Sensor

2.7.1 Integrated Circuit Temperature Sensor

LM35 sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk *Integrated Circuit (IC)*. *Output* tegangan sangat linear, proporsional dengan perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai peggubah dari besaran fisis suhu ke besaran tegangan. IC LM35 tidak memerlukan pengkalibrasian karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperatur ruang. IC LM35 dapat dialiri arus $60\mu\text{A}$ dari *supply* sehingga panas yang ditimbulkan sendiri (self heating) sangat rendah yaitu kurang dari 0°C di dalam suhu ruangan.



Gambar 2.12 IC LM35

2.7.2 Prinsip Kerja dan Karakteristik IC LM35

Suhu lingkungan yang terdeteksi oleh sensor diubah menjadi tegangan listrik. Perubahan suhu berbanding lurus dengan perubahan tegangan *output*. Tiap

perubahan 1°C akan menghasilkan perubahan tegangan *output* sebesar 10mV (koefisien :10 mV/°C). Karakteristik dari sensor LM35 :

1. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mV/°C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
2. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C seperti terlihat pada gambar 2.2.
3. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °C.
4. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt dan memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 µA.
5. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (low-heating) yaitu kurang dari 0,1 °C
6. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
7. Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar $\pm \frac{1}{4}$ °C

2.7.3 Kelebihan dan Kekurangan IC LM35

Adapun kelebihan dari IC LM35 adalah :

- Kalibrasi dalam satuan derajat celcius.
- Lineritas +10 mV/ ° C.
- Akurasi 0,5 °C pada suhu ruang.
- Range -55°C sampai +150°C.
- Dioperasikan pada catu daya 4V – 30V.
- Arus yang mengalir kurang dari 60 µA
- Self heating rendah (0,08 °C)
- Impedansi output rendah (0,1Ω untuk beban 1mA)

Kekurangan :

- Membutuhkan sumber tegangan untuk beroperasi

2.8 Sensor Kelembaban

Kelembaban udara adalah jumlah persentase kandungan air yang terkandung dalam udara. Kelembaban udara akan menurun jika udara dipanaskan dan akan meningkat persentasenya bila udara didinginkan. Kelembaban udara

mempengaruhi viskositas udara pengering. Kontrol suhu dan pola aliran udara pengering merupakan dua permasalahan mendasar dalam teknik pengeringan.

Kelembaban Relatif/*Relative Humidity* (RH) adalah suatu perbandingan yang dinyatakan dalam prosentase, banyaknya persen uap air di dalam atmosfer terhadap jumlah yang dibutuhkan untuk memenuhinya pada suhu yang sama. Kelembaban relatif berubah-ubah menyesuaikan suhu. RH 50% " $\pm 5\%$ ", simbol " $\pm 5\%$ " menjelaskan adanya batas toleransi 5%, yaitu lebih 2,5% atau kurang 2,5% dari standar 50%, yang berarti tidak boleh kurang dari 47,5% dan lebih dari 52,5%. Semakin besar tingkat kelembaban relatif maka semakin kecil pula nilai impedansi sensor.

Ada banyak sensor suhu yang bisa dipakai dalam implementasi sistem *monitoring* suhu, salah satunya adalah DT-SENSE SHT11 Module. DT-SENSE SHT11 Module adalah sebuah modul sensor yang dirancang untuk dapat mengukur suhu udara dan kelembaban udara. Modul sensor ini sudah memiliki keluaran digital dan sudah terkalibrasi, jadi pengguna tidak perlu lagi melakukan konversi A/D ataupun kalibrasi data sensor. Antarmuka modul ini adalah serial 2-wire (bukan I²C) sehingga sangat menghemat jalur I/O kontroler. Sensirion SHT11 Sensor Module memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- Range suhu : -40 °C sampai +123,8 °C,
- Akurasi suhu : +/- 0,5 °C pada suhu 25 °C,
- Range kelembaban : 0 sampai 100% RH,
- Akurasi absolut RH : +/- 3,5% RH,
- Catu daya : *typ.* 5 VDC,
- Konsumsi daya : *typ.* 30 μ W.

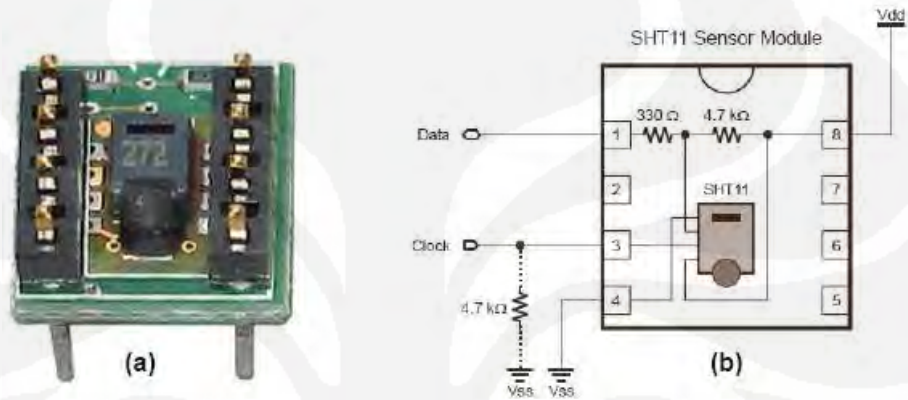
Tabel 2.5 Hubungan DT-AVR Low Cost Micro System Dengan DT-SENSE SHT11 Module

DT-AVR Low Cost Micro System (J10)	DT-SENSE SHT11 Module
GND (Pin 1)	Ground (Pin 4)
VCC (Pin 2)	+5 VDC (Pin 8)
PA.0* (Pin 3)	Data (Pin 1)
PA.1* (Pin 4)	Clock (Pin 3)

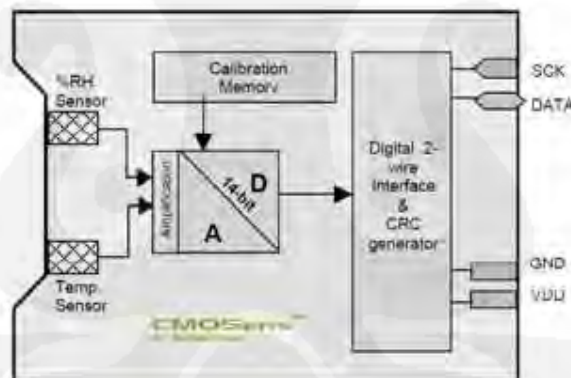
* pin ini tidak mutlak dan dapat diganti dengan pin lain tetapi program juga harus disesuaikan

Tabel 2.6 PIN connection SHT11

<i>PIN</i>	<i>NAMA</i>	<i>KETERANGAN</i>
1	DATA	Data serial
3	SCK	Serial clock, input
4	GND	Ground
8	VDD	Supply 2.4-5.5 V

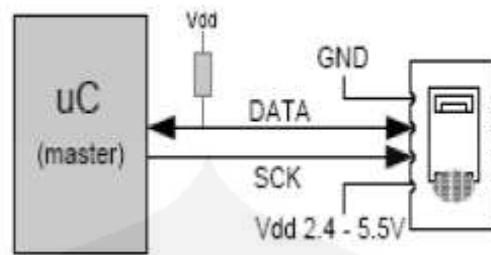


Gambar 2.13. Sensirion SHT11 Sensor Module (a) dan Diagram Pengkabelannya (b)



Gambar 2.14. Blok Diagram Pada Chip SHT11

Sensor SHT11 memiliki tegangan input antara 2,4V dan 5,5V, pin power supply (VDD dan GND) dapat dihubungkan dengan kapasitor 100nF. Setelah daya masuk alat ini membutuhkan waktu 11ms untuk mencapai kondisi *sleep*. Tidak ada perintah terkirim selama rentang waktu tersebut. SCK digunakan untuk menyinkronisasikan komunikasi antara mikro kontroler dengan SHT11. Sedangkan pin data digunakan untuk transfer, data masukan dan keluaran dari sensor.



Gambar 2.15. Rangkaian Aplikasi SHT11

Untuk memulai pengiriman, program 'Transmission Start' harus sudah dihasilkan. Terdiri dari pulsa DATA rendah sementara SCK tinggi yang diikuti oleh sebuah pulsa rendah pada SCK dan pulsa DATA naik kembali sementara pulsa SCK sudah naik terlebih dahulu.



Gambar 2.16. Program Transmission Start

Sub program perintah terdiri atas tiga bit alamat (hanya '000' ini yang disupport) dan lima bit perintah. SHT 11 mengenali kumpulan perintah yang layak dengan menarik DATA pin rendah (ACK bit) setelah SCK clock turun kedelapan kalinya. Garis DATA naik kembali (menjadi tinggi). Setelah SCK clock turun kesembilan kalinya.

2.9 AVR ATMega 16

Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) standar memiliki arsitektur 8 bit. Semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT86RFxx, keluarga AT86RFxx, dan keluarga AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori peripheral dan fungsinya.

AVR ATMega mempunyai fitur antara lain sbb [4] :

- a. Saluran I/O ada 32 buah yaitu port A, port B, port C dan port D
- b. ADC 10 bit sebanyak 8 kanal
- c. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan
- d. Internal SRAM sebesar 2K Byte

- e. Port antarmuka SPI
- f. Port USART programmable untuk komunikasi serial
- g. Unit interupsi internal dan eksternal
- h. 1024 byte EEPROM
- i. 4 kanal PWM
- j. Tegangan operasi : 2.7 - 5.5V for ATmega16L atau 4.5 - 5.5V for ATmega16
- k. 32 Programmable I/O Lines

2.9.1 Program Memori

ATMEGA16 memiliki 32 KiloByte flash memori untuk menyimpan program. Karena lebar intruksi 16 bit atau 32 bit maka flash memori dibuat berukuran 16K x 16. Artinya ada 16K alamat di flash memori yang bisa dipakai dimulai dari alamat 0 heksa sampai alamat 3FFF heksa dan setiap alamatnya menyimpan 16 bit instruksi.

2.9.2 SRAM Data Memori

ATMEGA16 memiliki 2 KiloByte SRAM. Memori ini dipakai untuk menyimpan variabel. Tempat khusus di SRAM yang senantiasa ditunjuk register SP disebut stack. Stack berfungsi untuk menyimpan nilai yang di-*push*.

2.9.3 EEPROM Data Memori

ATMEGA16 memiliki 1024 byte data EEPROM. Data didalam EEPROM tidak akan hilang walaupun catuan daya ke sistem mati. Parameter sistem yang penting disimpan di EEPROM. Saat sistem pertama kali menyala parameter tersebut dibaca dan system diinisialisasi sesuai dengan nilai parameter tersebut.

2.9.4 I/O Port

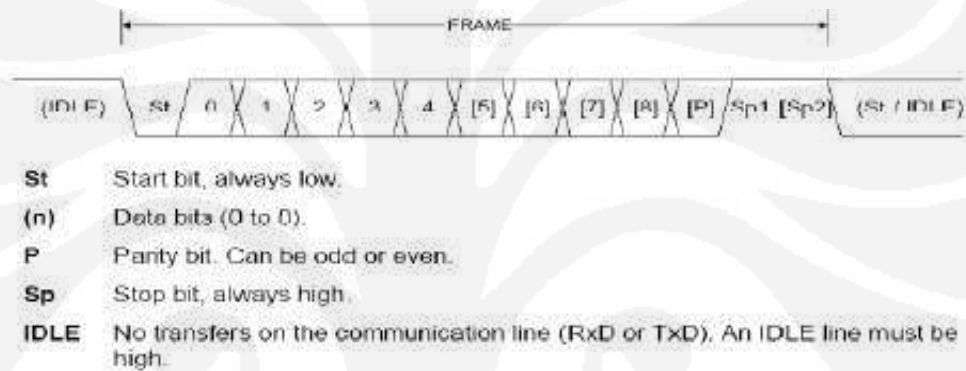
ATMEGA16 memiliki 32 buah pin I/O. Melalui pin I/O inilah ATMEGA16 berinteraksi dengan sistem lain. Masing-masing pin I/O dapat dikonfigurasi tanpa mempengaruhi fungsi pin I/O yang lain. Setiap pin I/O memiliki tiga register yakni: DDxn, PORTxn, dan PINxn. Kombinasi nilai DDxn dan PORTxn menentukan arah pin I/O. Konfigurasi pin selengkapnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.7 Konfigurasi Pin I/O ATmega16

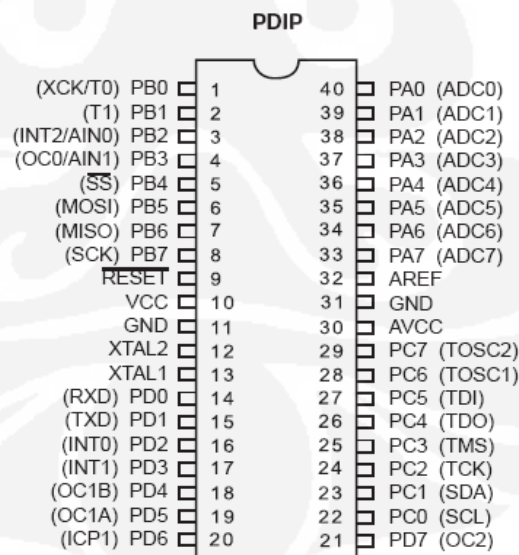
DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

2.9.5. USART

Selain untuk general I/O, pin PD1 dan PD0 ATMEGA16 berfungsi untuk mengirim dan menerima bit secara serial.



Gambar 2.17. Bit Frame USART ATmega16



Gambar 2.18. Konfigurasi Pin ATmega16

Keterangan :

- a. VCC merupakan pin input catu daya
- b. GND sebagai pin ground
- c. Port A (Port A0 – Port A7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC
- d. Port B (Port B0 – Port B7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu Timer/Counter , komparator analog dan SPI
- e. Port C (Port C0 – Port C7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu Timer Oscillator dan komparator analog
- f. Port D (Port D0 – Port D7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu interupsi eksternal, komunikasi serial dan komparator analog
- g. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler
- h. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi
- i. AVCC sebagai pin masukan untuk tegangan ADC
- j. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin masukan clock eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan clock agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, semakin cepat eksekusi dari mikrokontroler.

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

3.1 Sistem Kontrol Pengeringan

Proses pengeringan dianalogikan sebagai proses pemberian tambahan energi dalam bentuk panas ke suatu obyek yang akan dikeringkan untuk menurunkan kandungan airnya. Proses pengeringan dapat dipercepat dengan kontinuitas sirkulasi udara. Suhu yang terkontrol memiliki pengaruh pada:

1. laju perpindahan panas dari udara pengering ke bahan yang dikeringkan
2. laju penguapan air dari bahan ke udara pengering.

Kedua hal tersebut berpengaruh pada laju perubahan fisik bahan yang dikeringkan, yaitu tekstur, warna, daya awet serta cita rasa produk. Aliran udara pengering yang melewati bahan harus dikontrol polanya karena udara pengering berfungsi memindahkan panas ke dalam sistem pengeringan dan memindahkan uap air ke luar sistem pengeringan. Sistem perpindahan panas dari udara pengering secara konveksi, potensi penguapan air dari bahan ke udara pengering menjadi lebih besar. Uap air dari bahan menyebabkan kelembaban udara pengering meningkat, sehingga menghambat laju pengeringan. Untuk menghindari hal itu udara pengering yang telah membawa uap air harus segera dialirkan keluar sistem pengeringan dan digantikan udara segar.

Pola aliran udara yang melewati bahan sangat dipengaruhi oleh bentuk produk, tebal tumpukan produk, kecepatan udara, dan kelembaban udara. Sistem kontrol dirancang secara elektronik dengan penempatan sensor suhu pada ruang pengering dan pengaturan kecepatan udara pengering. Sistem kontrol secara elektronik membantu mempercepat proses pengeringan dibanding dengan metode konvensional.

3.2 Ruang Pengering Calon Tepung Mocal

Ruang Pengering buatan berbentuk seperti balok berdimensi 60cmx40cmx40cm untuk mengeringkan dengan sumber panas dari pemanasan elemen listrik. Panas disirkulasikan oleh udara yang dialirkan melewati bahan

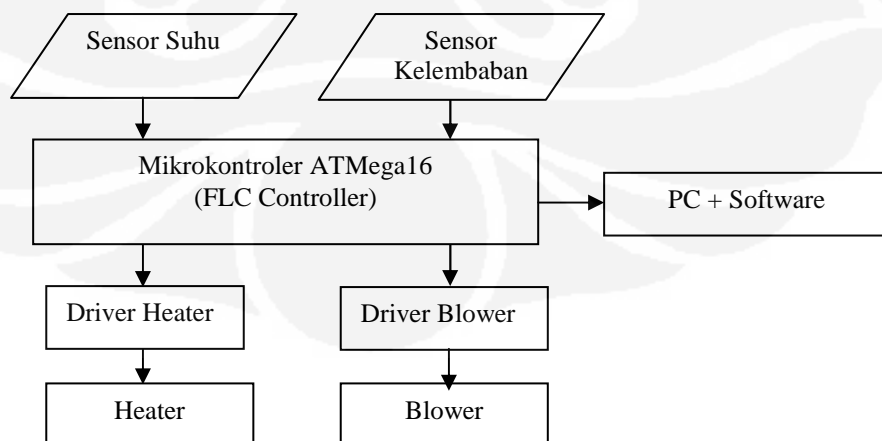
yang dikeringkan, sehingga terjadi proses pindah panas dan massa. Sistem kontrol elektronik berguna mengontrol proses pengeringan itu sendiri. Sensor kelembaban bekerja berdasarkan uap air yang diukur oleh sensor SHT11 sedangkan LM35 digunakan sebagai sensor pengontrol suhu *heater*.

Pada kontrol suhu, sistem bekerja memutus dan menghubungkan arus listrik yang mengalir ke elemen pemanas. Apabila suhu udara pengering telah mencapai besaran yang diinginkan, sistem memutus aliran listrik, dan sebaliknya. Pada sistem kontrol kelembaban sistem mengatur aktif atau tidak aktifnya kipas apabila kelembaban telah mencapai batas yang ditentukan. Untuk sistem kontrol waktu proses bekerja menghentikan proses pengeringan dengan jalan memutus semua aliran listrik yang masuk ke alat pengering bila waktu proses telah tercapai. Kondisi proses pengeringan yang diinginkan sebagai berikut :

1. Suhu pengeringan antara 38 °C sampai dengan 55 °C
2. Kelembaban udara antara 20 % sampai dengan 80 %
3. Ketebalan ataupun diameter potongan mocal menyusut yang mengimplikasikan bahwa kadar air menurun dari kondisi awal sekitar 5% – 40% .
4. Udara pengering segar dipanaskan oleh elemen pemanas yang dialirkan melalui tekanan udara dari *blower* dan disirkulasikan melewati bahan yang dikeringkan.

3.3 Blok Diagram Sistem

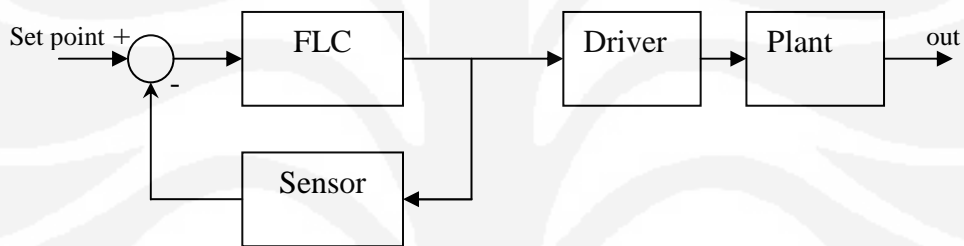
Blok diagram dari sistem pengontrolan ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



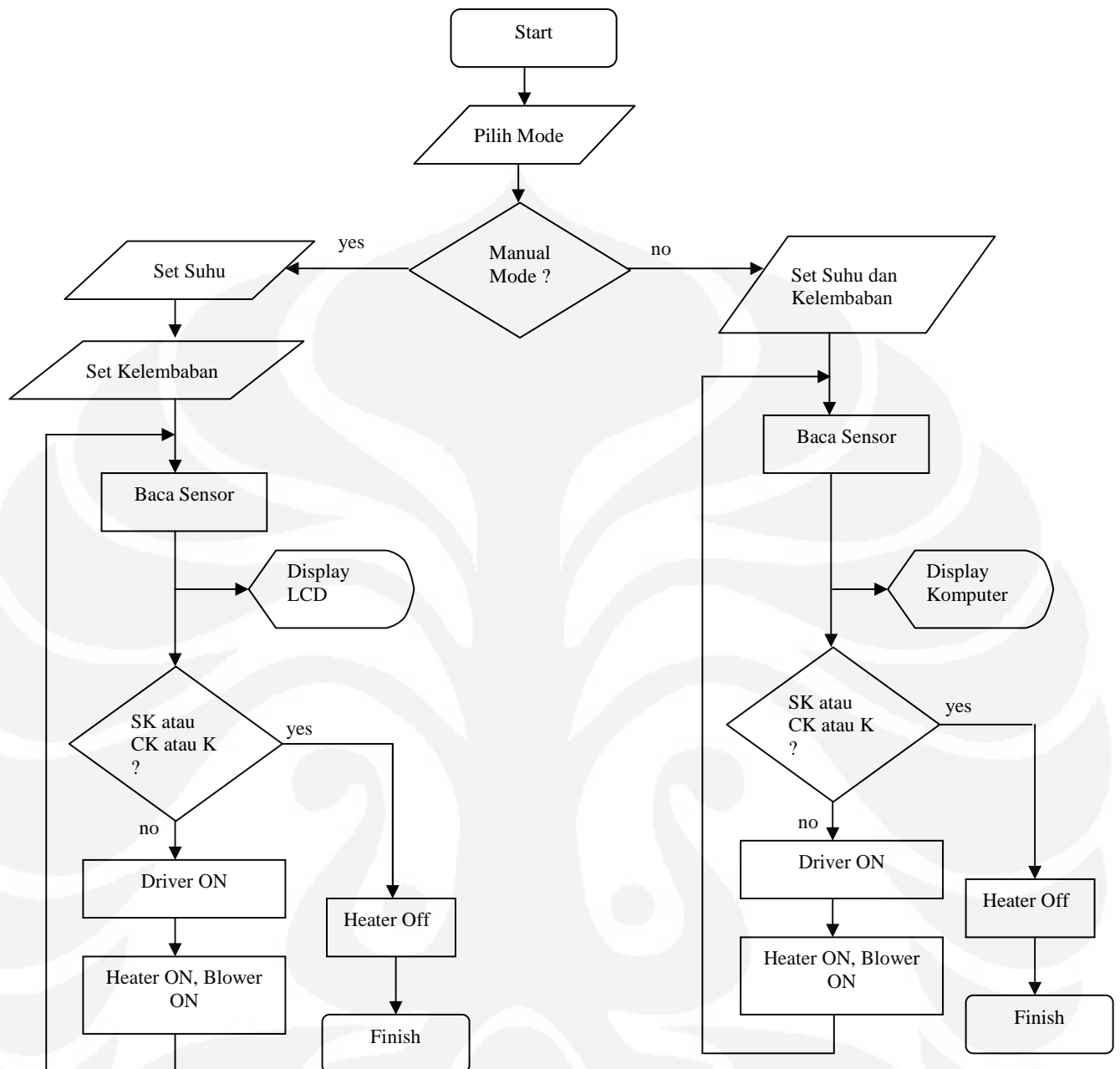
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

3.4 Prinsip Kerja Sistem

Sensor suhu akan mengukur *heater* ruangan. Sensor kelembaban mengukur tingkat kelembaban ruangan. *Blower* akan mempercepat perambatan panas dari *heater* ke dalam tabung dengan sistem perambatan panas secara konveksi melalui udara. Panas dari *heater* akan dikontrol dengan menerapkan metode *Fuzzy Logic Controller* menggunakan mikrokontroler ATmega16. Sensor kelembaban akan terus mendeteksi dan mengukur tingkat kadar air didalam tabung. *Output* dari sensor kelembaban dikontrol oleh *Fuzzy Logic Controller*. Mikrokontroler akan mengirimkan seluruh data hasil pengukuran ke komputer. PC sebagai pengontrol. LCD dan PC sebagai *display* agar setiap saat kondisi sistem selalu terpantau.



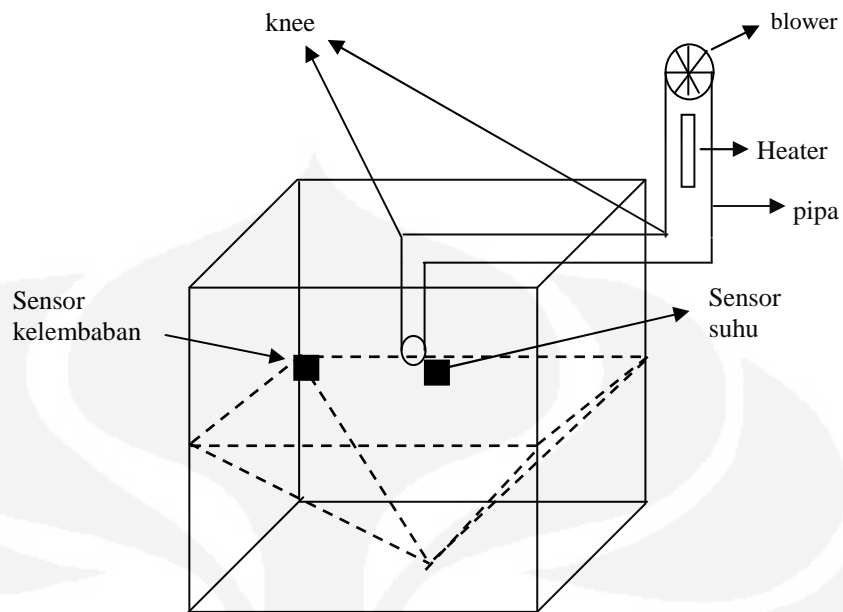
Gambar 3.2. Blok Diagram Closed Loop System



Gambar 3.3 Flowchart Sistem

3.5 Ruang Pengering

Mesin pengering berbahan dasar acrylic. Dipilihnya bahan ini karena acrylic tahan terhadap suhu 50°C sampai 65°C. Didalam tabung terdapat bentuk limas, terbuat dari acrylic, bertujuan agar panas dari *heater* lebih dapat menyebar dengan fokus. *Blower* yang digunakan adalah *blower* dengan tegangan 12V. Panas dari *heater* disalurkan melalui pipa PVC yang pada tiap titik potongnya disambungkan dengan *knee*.



Gambar 3.4 Ruang Pengering

3.6 Perencanaan Rangkaian

3.6.1 Rangkaian Sensor Kelembaban

Sensor kelembaban yang akan digunakan adalah SHT11, yang sudah berbentuk modul aplikasi sehingga hanya memerlukan pemrograman yang sesuai dengan spesifikasi sistem yang diinginkan untuk membaca kelembaban. Program pembacaan sensor SHT akan dilakukan oleh Mikrokontroler AVR ATmega16.

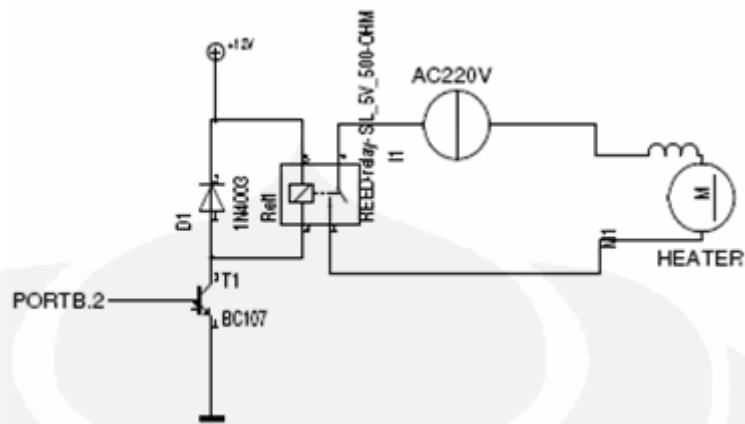


Gambar 3.5 Modul Sensor SHT11

3.6.2 Rangkaian Aktuator

3.6.2.1 Rangkaian Driver Heater

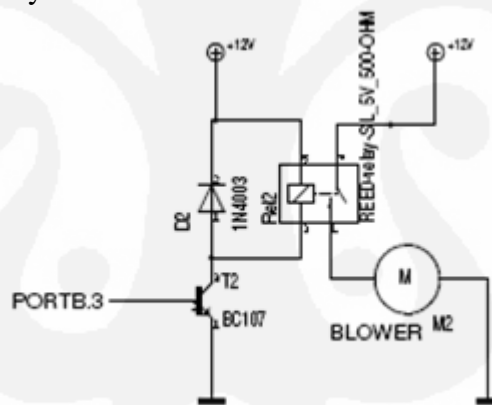
Fungsi : mengaktifkan *heater*. *Heater* yang digunakan berupa *hair dryer*. Rangkaian driver ini menggunakan transistor BC107 sebagai saklar. Rangkaian akan berfungsi setelah mendapatkan instruksi dari mikrokontroler.



Gambar 3.6. Rangkaian *Driver Heater*

3.6.2.2 Rangkaian *Driver Blower*

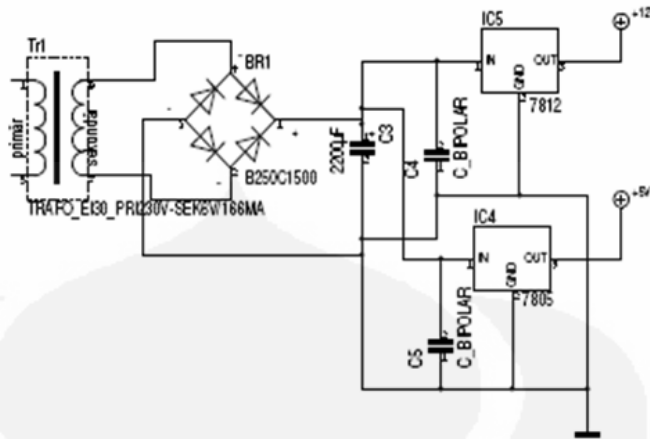
Fungsi : mengaktifkan blower untuk membantu mempercepat proses pengeringan. Rangkaian ini menggunakan transistor sebagai saklar dan *relay* yang dihubungkan ke beban yaitu *blower*.



Gambar 3.7. Rangkaian *Driver Blower*

3.6.3 Rangkaian *Power Supply*

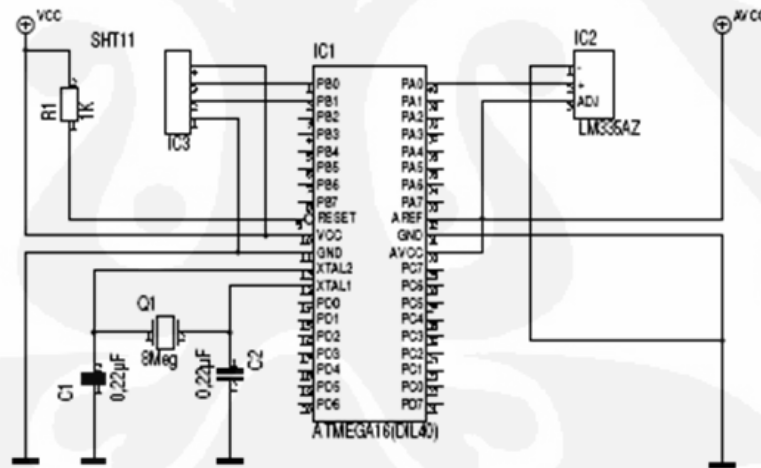
Fungsi : memberikan supply tegangan dan arus untuk seluruh rangkaian elektronik yang termasuk didalam sistem. Rangkaian ini memberikan supply +12V dan +5V. Trafo yang digunakan yaitu trafo 3A. IC yang difungsikan sebagai regulator yaitu IC 7805 dan IC 7812.



Gambar 3.8. Rangkaian *Power Supply*

3.6.4 Rangkaian Mikrokontroler

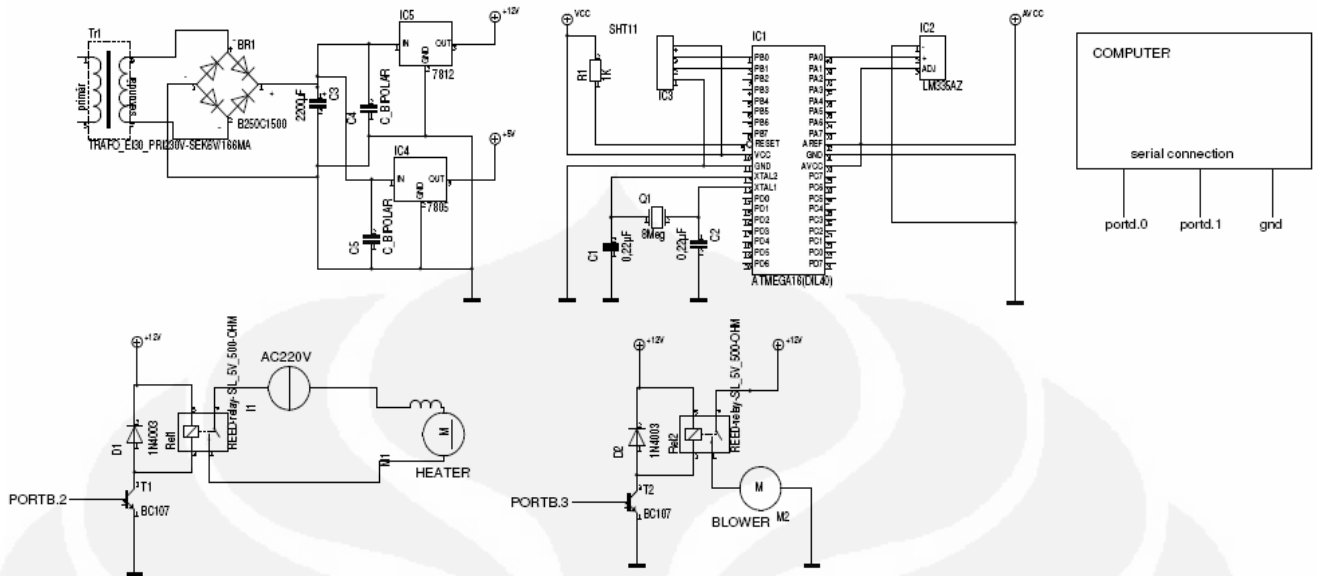
Fungsi : sebagai prosesor atau pengendali sistem. Rangkaian mikrokontroler akan mengatur keseluruhan proses yang ada pada sistem, sebagai prosesor. Mikrokontroler memberikan instruksi bagi setiap rangkaian ataupun elemen yang ada didalam sistem. IC mikrokontroler yang digunakan yaitu ATMEGA16.



Gambar 3.9. Rangkaian Mikrokontroler

3.6.5. Konfigurasi Sistem

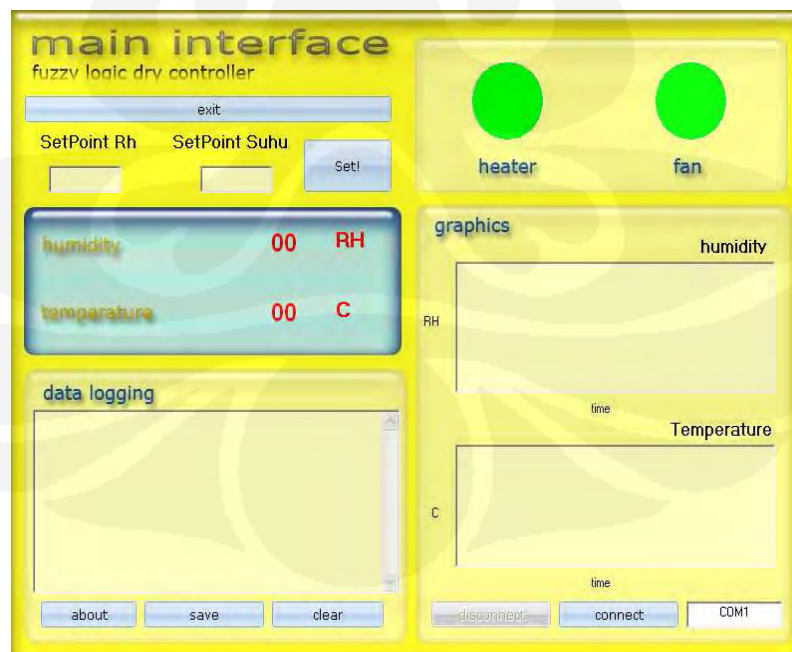
Konfigurasi sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.10 dibawah ini. Sistem terdiri dari empat elemen utama yaitu rangkaian catu daya, rangkaian mikrokontroler, rangkaian driver dan rangkaian sensor.



Gambar 3.10. Konfigurasi Sistem

3.7 Perancangan Program Aplikasi Sistem

Software yang digunakan untuk membuat program aplikasi sistem adalah Visual Basic. Hasil rancangan diperlihatkan pada Gambar 3-11 dan Gambar 3.12. Sistem pengeringan ini akan menggunakan dua metode yaitu secara manual dan otomatis. Secara manual, proses *setting & output* akan ditampilkan melalui LCD sedangkan secara otomatis, kedua proses tersebut dilakukan secara komputerisasi.



Gambar 3.11 Hasil Rancangan Program Aplikasi Sistem Menggunakan Visual Basic



Gambar 3.12 Hasil Rancangan Output Mikrokontroler dengan Tampilan LCD

3.8 Kontroler Fuzzy (FLC)

Dari penempatan kondisi sesuai posisi lima keanggotan keadaan sebelum stabil, input Error (E) dan dError (dE) dipetakan dalam bentuk aturan Fuzzy seperti pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Matriks Aturan Fuzzy dengan Menerapkan Konsep Mac Vicar Whelan

Output, U		Error, E				
		SL	CL	L	KL	TL
Delta Error, dE	SL	TK	TK	TK	KK	K
	CL	TK	TK	KK	K	CK
	L	TK	KK	K	CK	SK
	KL	KK	K	CK	SK	SK
	TL	K	CK	SK	SK	SK

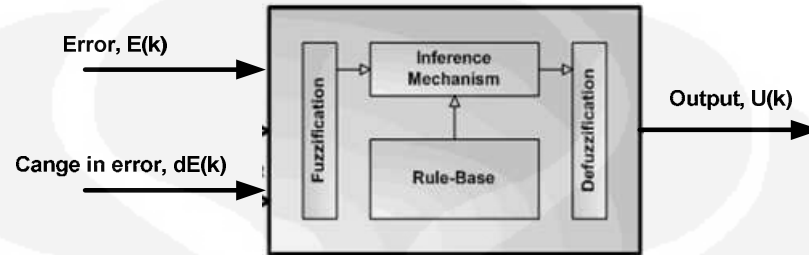
Tabel 3.2 Aturan Fuzzy Berdasarkan Tabel 3.1

N0	IF	Error, e is	AND	Change in Error, de is	THEN	Out, U is
1		SL		SL		TK
2		SL		CL		TK
3		SL		L		TK
4		SL		KL		KK
5		SL		TL		K
6		CL		SL		TK
7		CL		CL		TK
8		CL		L		KK
9		CL		KL		K
10		CL		TL		CK
11		L		SL		TK
12		L		CL		KK
13		L		L		K
14		L		KL		CK

15	L	TL	SK
16	KL	SL	KK
17	KL	CL	K
18	KL	L	CK
19	KL	KL	SK
20	KL	TL	SK
21	TL	SL	K
22	TL	CL	CK
23	TL	L	SK
24	TL	KL	SK
25	TL	TL	SK

Matrik pemetaan Aturan Fuzzy Error (5) dan dError (5) sangat membantu untuk melihat Output (U), jumlah outputnya $(5 \times 5) = 25$ aturan.

Kontroler Fuzzy dirancang menggunakan konsep Mac Vicar Whelan. Blok diagram FLC (*Fuzzy Logic Controller*) diperlihatkan pada Gambar 3-13. Identifikasi input dan output diperlihatkan pada Tabel 3-1. Pemilihan nilai input Error, E dan change in error, dE dipilih agar pada kondisi steady state ($E = 0$ dan $dE = 0$) jatuh pada nilai output, $U = 0$ (setpoint).



Gambar 3-13 Diagram Blok FLC

Tabel 3.3 Identifikasi parameter kontroler FLC

Variabel	Spesifikasi	
Input Error, e	$-0,5 \geq SL \leq -0,3$	SL = Sangat Lembab
	$-0,3 \geq CL \leq -0,1$	CL = Cukup Lembab
	$-0,1 \geq L \leq -0,1$	L = Lembab
	$0,1 \geq KL \leq 0,3$	KL = Kurang Lembab
	$-0,3 \geq TL \leq 0,5$	TL = Tidak Lembab
Input Change in Error, de	$-0,02 \geq SL \leq -0,012$	SL = Sangat Lembab
	$-0,012 \geq CL \leq -0,004$	CL = Cukup Lembab
	$-0,004 \geq L \leq 0,004$	L = Lembab
	$0,004 \geq KL \leq 0,012$	KL = Kurang Lembab
	$-0,012 \geq TL \leq 0,02$	TL = Tidak Lembab
Output, U	$-1 \geq TK \leq -0,6$	TK = Tidak Kering
	$-0,6 \geq KK \leq -0,2$	KK = Kurang Kering
	$-0,2 \geq K \leq -0,2$	K = Kering
	$0,2 \geq CK \leq 0,6$	CK = Cukup Kering
	$0,6 \geq SK \leq 1$	SK = Sangat Kering

- **Fungsi Keanggotaan**

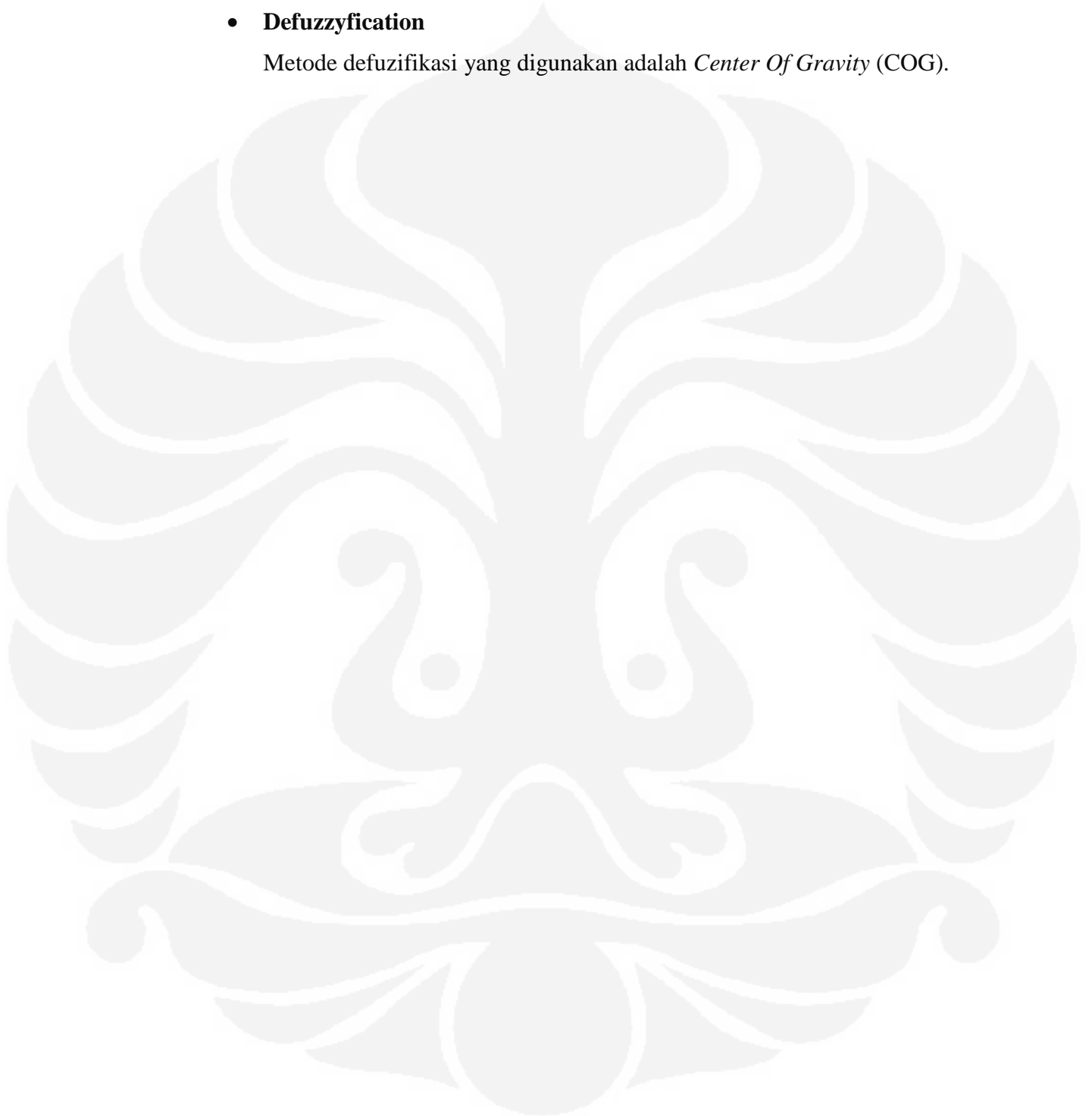
Fungsi keanggotaan menggunakan segitiga *full symetris* dengan 5 (lima) linguistik agar memperoleh karakteristik transfer yang linier naik dan linier turun.

- **Fuzzyfication**

Terdapat dua variabel input yaitu Error (E) dan dError (dE) dan satu variabel output yang akan di petakan.

- **Defuzzyfication**

Metode defuzifikasi yang digunakan adalah *Center Of Gravity* (COG).



BAB 4

PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

4.2 Realisasi Sistem

4.1.1 Realisasi Hardware

4.1.1.1 Modul Driver Heater dan Driver Blower

Modul *Driver Heater* berfungsi untuk mengaktifkan *heater*. Modul ini memiliki dua komponen utama yaitu transistor dan relay. Modul *Driver Blower* berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran kipas.



Gambar 4.1 Modul *Driver Heater* dan *Driver Blower*

4.1.1.2 Modul Power Supply

Fungsinya untuk memberikan supply tegangan dan arus terhadap seluruh rangkaian elektronik yang terintegrasi dalam sistem. Modul ini terdiri dari Trafo 3A dengan menggunakan IC7805 dan IC7812 sebagai regulator.



Gambar 4.2 Modul *Power Supply*

4.1.1.3 Modul Mikrokontroler ATmega16

Modul Mikrokontroler ATmega16 berfungsi untuk mengontrol keseluruhan proses sistem. Program akan tersimpan didalam *chip* IC ATmega 16.



Gambar 4.3 Modul Mikrokontroler ATmega16

4.1.1.4 Modul SHT11

Modul ini merupakan modul sensor kelembaban, berfungsi untuk mengukur tingkat kelembaban pada ruang pengering.



Gambar 4.4 Modul SHT11

4.1.2 Tampilan GUI Sistem

Gambar 4.6 merupakan tampilan GUI sistem yang dibuat dengan menggunakan aplikasi Visual Basic. Penjelasan masing – masing fungsi/tombol sebagai berikut :

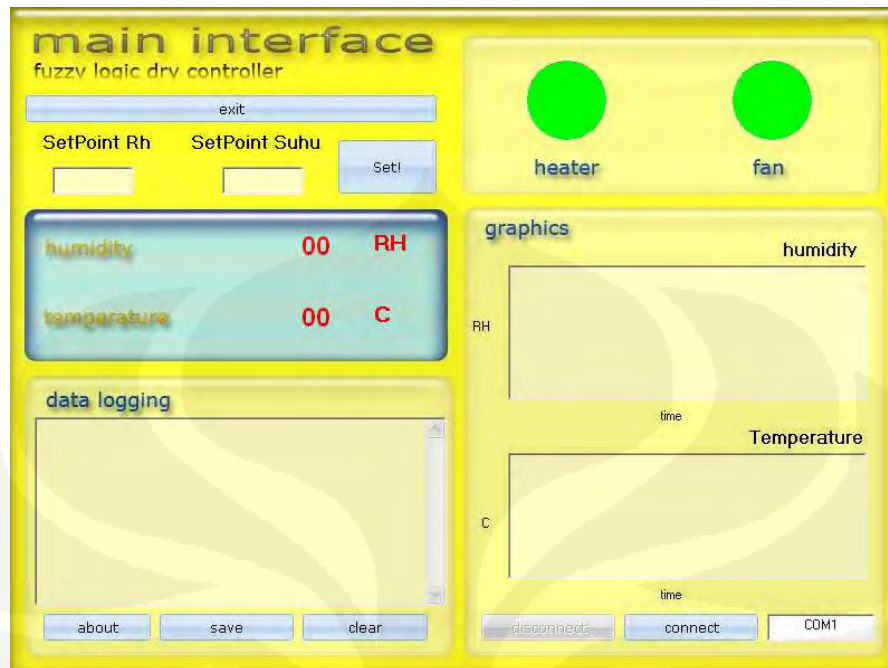
1. Tombol exit : untuk keluar dari sistem.
2. Kolom *Set Point* Rh : untuk melakukan setting-an kelembaban.
3. Kolom *Set Point* Suhu : untuk melakukan setting-an suhu.
4. Tombol *Set!*: jika nilai suhu dan kelembaban telah di-setting, user harus menekan tombol set ini sehingga nilai setting-an akan muncul pada layar.

5. Kolom data *logging* : untuk menampilkan data suhu dan kelembaban yang dideteksi oleh sensor sistem selama proses pengeringan berlangsung.
6. Kolom *graphics* : untuk menampilkan grafik data suhu dan kelembaban selama proses pengeringan.
7. Tombol *about* : untuk menampilkan nama pembuat aplikasi sistem pengeringan ini.



Gambar 4.5 Nama Pembuat Aplikasi

8. Tombol *save* : berfungsi untuk menyimpan data suhu dan kelembaban (*point no 5*) kedalam bentuk file (notepad).
9. Tombol *clear* : untuk menghapus data pada kolom data *logging*.
10. Tombol *connect* : untuk mengkoneksikan antara mikrokontroler dengan PC (Personal Computer), menggunakan komunikasi serial.
11. Tombol *disconnect* : untuk mengakhiri koneksi komunikasi serial antara mikrokontroler dengan PC
12. Lampu *heater* dan *fan* : sebagai indikator yang menunjukkan keadaan pada saat *heater/fan on* dan *off*. Jika *on*, lampu akan berwarna hijau. Jika *off*, lampu akan berwarna merah.



Gambar 4.6 Tampilan GUI Sistem

4.1.3 Realisasi Ruang Pengering

Gambar 4.7 merupakan foto ruang pengering yang digunakan dalam sistem pengeringan. Ruang pengering berbahan dasar acrilic dengan dilengkapi *heater*, *blower* dan *box* rangkaian. Aliran udara dari *heater* akan mengalir melalui pipa. Pada bagian alas, dibentuk seperti limas segi empat bertujuan agar aliran udara yang keluar dari pipa lebih fokus terhadap chip - chip singkong yang akan dikeringkan.



a. Tampak Atas



b. Tampak Depan



c. Tampak Samping



d. Box Rangkaian

Gambar 4.7 Ruang Pengering

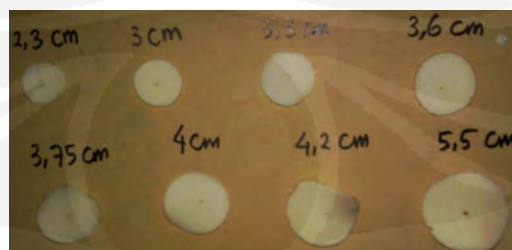
4.3 Alat dan Bahan Percobaan

Alat :

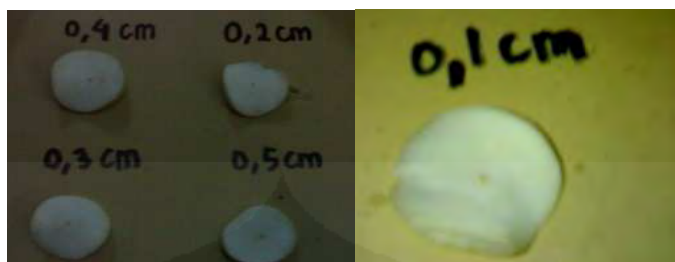
- a. Penggaris
- b. Jangka Sorong
- c. Pisau
- d. Ruang Pengering
- e. *Stopwatch*

Bahan : Singkong

Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 memperlihatkan contoh perbedaan ukuran (diameter dan ketebalan) singkong yang akan dikeringkan dan diambil datanya.

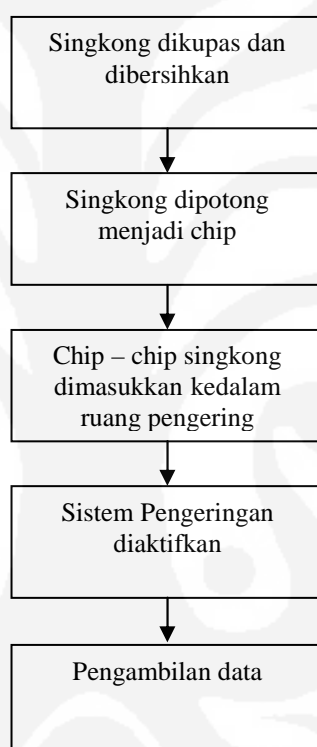


Gambar 4.8 Perbedaan Diamater Singkong



Gambar 4.9 Perbedaan Ketebalan Singkong

Secara sederhana, langkah – langkah dalam percobaan ini mengacu pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram Alur Percobaan

4.3 Data Percobaan

4.3.1 Data Pengukuran Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan

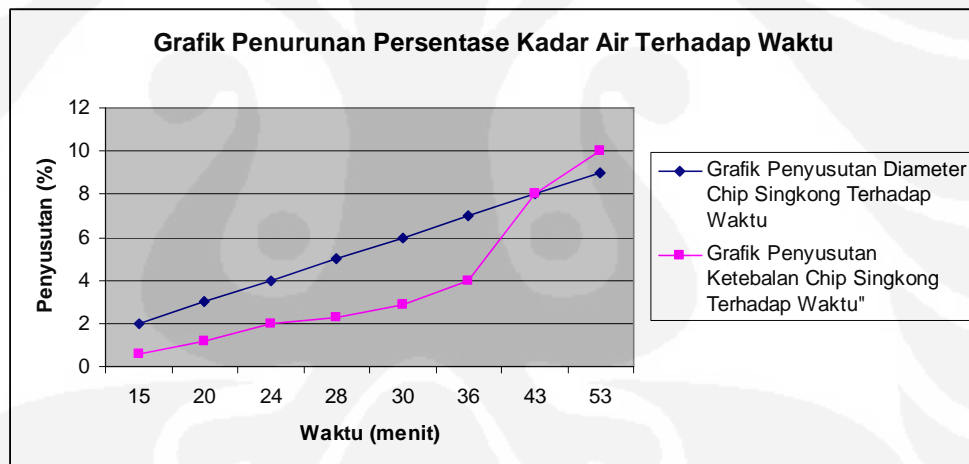
a. Tanggal Pengukuran : 22 Mei 2010

Lokasi : Depok

Batasan Pengukuran : chip singkong dengan berat ± 1 Kg untuk masing – masing diameter chip.

Tabel 4.1 Data Pengukuran Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan

Waktu (menit)	Keadaan Singkong Awal		Keadaan Singkong Setelah Pengeringan		Penyusutan	
	Diameter chip (cm)	Ketebalan chip (cm)	Diameter chip (cm)	Ketebalan chip (cm)	Diameter chip (%)	Ketebalan chip (%)
	15	2,3	0,4	2,28	0,394	2
20	5,5	0,4	5,47	0,388	3	1,2
24	4,2	0,4	4,16	0,38	4	2
28	3	0,4	2,95	0,377	5	2,3
30	3,3	0,4	3,24	0,371	6	2,9
36	3,6	0,4	3,53	0,36	7	4
36	5	0,4	4,93	0,36	7	4
43	4	0,4	3,92	0,32	8	8
53	3,75	0,4	3,71	0,3	9	10
53	2,8	0,4	2,76	0,3	9	10



Gambar 4.11 Grafik Penurunan Persentase Kadar Air Terhadap Waktu

Analisa : Semakin lama waktu/proses pengeringan, persentase penurunan kadar air (diwakili oleh penyusutan ketebalan maupun diameter singkong) akan semakin membesar.

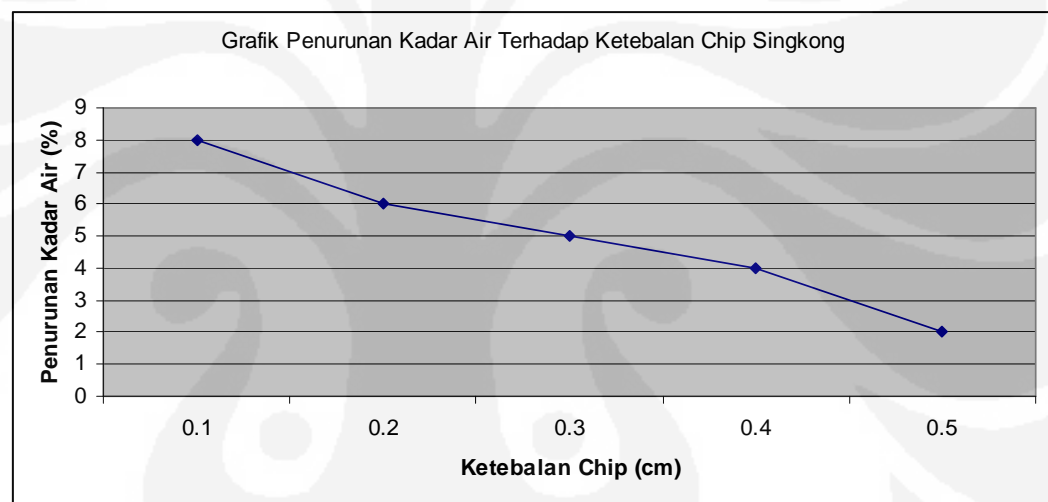
b. Tanggal Pengukuran : 29 Mei 2010

Lokasi : Depok

Batasan Pengukuran : chip singkong dengan berat ± 1 Kg untuk masing – masing tingkat ketebalan.

Tabel 4.2 Data Pengukuran Ketebalan Singkong Sebelum dan Setelah Pengeringan

Waktu (menit)	Ketebalan chip (cm)		Penurunan Kadar Air (%)
	Sebelum Pengeringan	Setelah Pengeringan	
52	0,1	0,02	8
52	0,2	0,14	6
52	0,3	0,24	5
52	0,4	0,36	4
52	0,5	0,48	2



Gambar 4.12 Grafik Penurunan Kadar Air Terhadap Ketebalan Chip Singkong

Analisa : Semakin tipis ukuran chip singkong, semakin cepat proses pengeringan. Perbedaan luas permukaan pada chip singkong juga turut mempengaruhi kecepatan proses pengeringan.

4.3.2 Data Pengukuran Hardware

Tanggal Pengukuran : 22 Mei 2010

Lokasi : Depok

Pada saat sistem diaktifkan, nilai rata – rata tegangan yang terukur pada masing – masing rangkaian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Tabel Pengukuran Tegangan Pada Modul Rangkaian

Rangkaian	Tegangan (Volt)
Power Supply	4,72 dan 11,83
Mikrokontroler	4,2
Driver <i>Heater</i>	11,24
Driver <i>Blower</i>	11,32

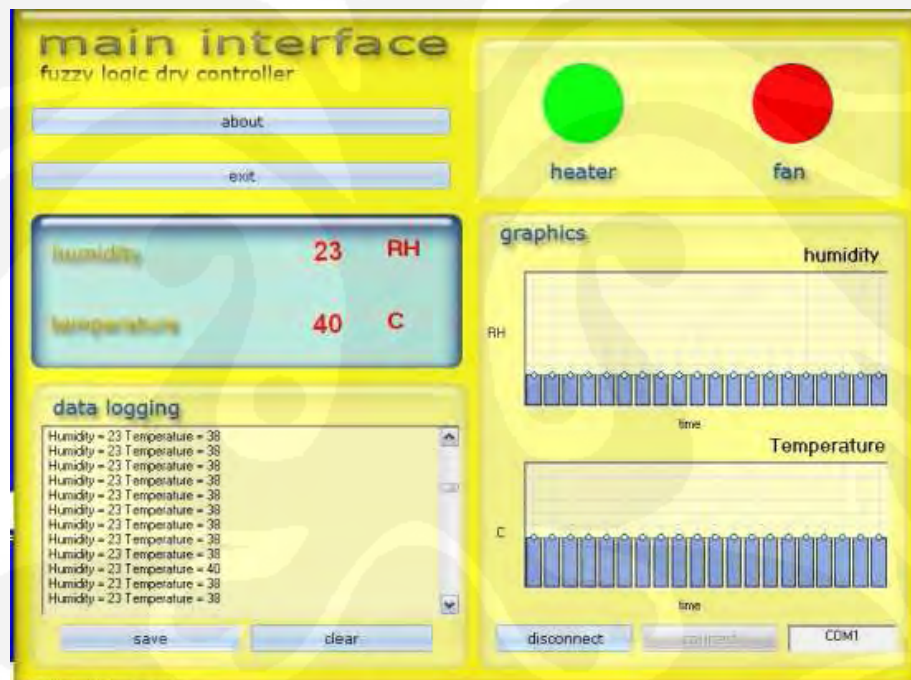
4.3.3 Percobaan Tampilan GUI

Tanggal Percobaan : 14 Maret 2010

Lokasi : Depok

Berat chip singkong : ± 1 Kg

Sampel diambil pada detik ke-40 sampai detik ke-52



Gambar 4.13 Sample Tampilan GUI Percobaan

Analisa : Indikator Heater berwarna hijau menunjukkan bahwa nilai suhu dan kelembaban belum mencapai set point (masih terdapat delta error antara nilai set point dan nilai pembacaan sensor secara aktual). Sehingga sistem akan terus mengaktifkan Heater. Waktu dirumuskan dalam satuan detik. Grafik kelembaban (dalam satuan Rh) serta suhu ($^{\circ}\text{C}$) terhadap waktu (detik) akan ditampilkan secara kontinyu sesuai dengan data yang tertera pada kolom *data logging*.

4.3.4 Data Hasil Pengukuran Sensor Suhu dan Sensor Kelembaban

Tanggal Percobaan : 30 Mei 2010

Lokasi : Depok

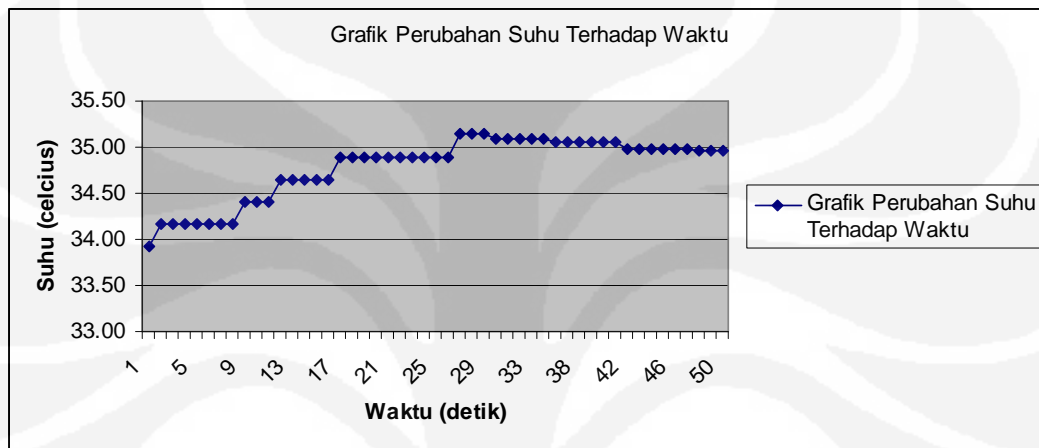
Berat chip : ± 1 Kg

Sampel diambil pada detik ke-1 sampai detik ke-60

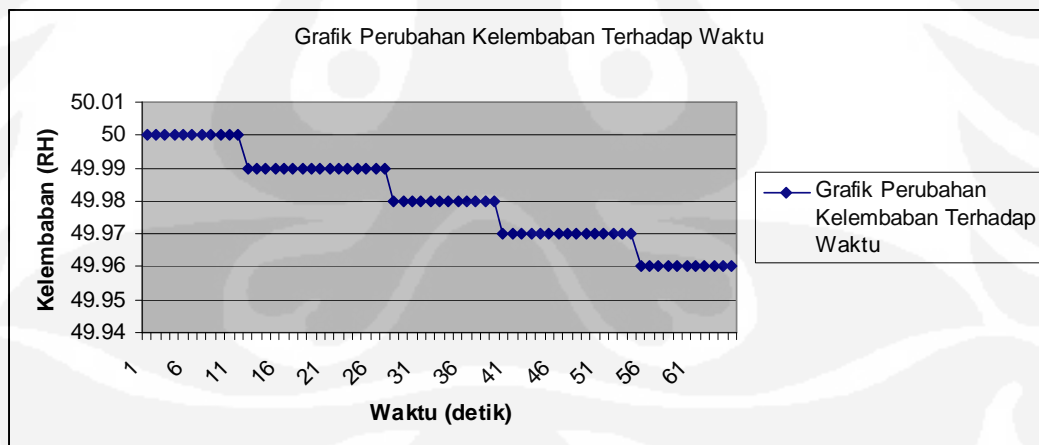
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Tegangan Sensor Suhu

Waktu (detik)	Suhu Terukur (celcius)
1	33.92
2	34.16
3	34.16
4	34.16
5	34.16
6	34.16
7	34.16
8	34.16
9	34.40
10	34.40
11	34.40
12	34.65
13	34.65
14	34.65
15	34.65
16	34.65
17	34.89
18	34.89
19	34.89
20	34.89
21	34.89
22	34.89
23	34.89
24	34.89
25	34.89
26	34.89
27	35.14
28	35.14
29	35.14
30	35.10
31	35.10
32	35.10
33	35.10
34	35.10
35	35.06
37	35.06
38	35.06
39	35.06
40	35.06

41	35.06
42	34.98
43	34.98
44	34.98
45	34.98
46	34.98
47	34.98
48	34.96
49	34.96
50	34.96



Gambar 4.14 Grafik Perubahan Suhu Terhadap Waktu



Gambar 4.15 Grafik Perubahan Kelembaban Terhadap Waktu

Berdasarkan data pengukuran pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15, respon suhu yang terjadi berfluktuasi tetapi masih dalam batas toleransi. Beberapa analisa penyebab respon suhu dan kelembaban yang fluktuatif tersebut dikarenakan :

1. Drop tegangan pada rangkaian mikrokontroler menyebabkan perubahan tegangan referensi bagi input proses ADC (Analog to Digital Conversion). Sehingga respon sensor suhu LM35 turut berubah sesuai dengan perubahan tegangan referensinya.
2. Faktor mekanik dari ruang pengering. Saluran pembuang udara panas/exhaust diperbanyak guna mempercepat proses sirkulasi udara panas dan uap air yang terjadi selama proses pengeringan MOCAL.
3. Penempatan posisi sensor turut mempengaruhi sensitifitas sensor terhadap pembacaan obyek yang diukur. Posisi sensor diletakkan beberapa cm diatas tumpukan MOCAL yang akan dikeringkan. Sehingga, sensor lebih sensitif terhadap perubahan udara panas yang keluar dari heater dibandingkan dengan perubahan suhu pada tumpukan MOCAL tersebut.
4. *Heater* memiliki *response time* pada saat dinyalakan maupun saat dimatikan. Sehingga ketika *heater* dimatikan, perubahan suhu dari maksimum (panas) ke minimum (dingin) tidak dapat berubah dengan cepat.

4.4 Analisis Hubungan Suhu, Kelembaban dan Lamanya Waktu Pengukuran Menggunakan SPSS

4.4.1 Analisis Hubungan Suhu dan Kelembaban Menggunakan SPSS

Sebelum data diolah, prediksi atau logika yang diterapkan adalah semakin tinggi suhu, kelembaban semakin rendah dan sebaliknya. Prediksi atau logika ini akan dibuktikan dengan mengolah data hasil pengukuran apakah benar ada korelasi antara keduanya. Analisis yang diterapkan menggunakan metode Regresi dengan bantuan software SPSS. Untuk Menguji ada atau tidaknya hubungan linear antara variabel suhu dan variabel kelembaban, dirumuskan hipotesis sebagai berikut :

$H_0 : b = 0$ (Tidak ada hubungan linier antara suhu dan kelembaban)

$H_1 : b \neq 0$ (Ada hubungan linier antara suhu dan kelembaban)

Analisa dengan menggunakan SPSS sbb :

- a. Dalam table ANOVA, terbaca nilai $F_{hit} = 8,084$. Dari table nilai statistik F dengan derajat bebas $V_1 = 1$ dan $V_2 = 4$ pada taraf signifikansi 0,05 ($F_{1;4;0,05}$), diperoleh nilai $F_{tabel} = 7,71$, sehingga : $F_{hit} > F_{tabel}$ ($8,084 > 7,71$). Karena nilai $F_{hit} > F_{tabel}$ maka disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak. Artinya bahwa ada hubungan linear antara suhu dan kelembaban.

Tabel 4.5 ANOVA Suhu Kelembaban

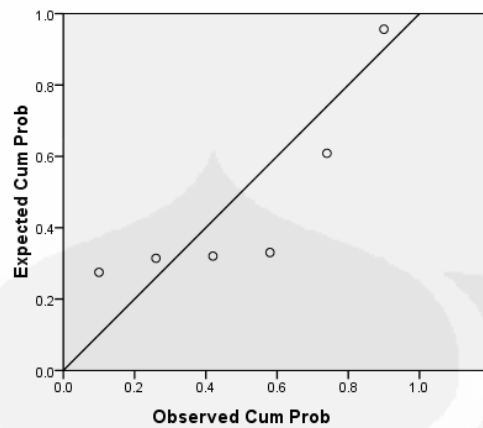
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	397.355	1	397.355	8.084	.047 ^a
	Residual	196.610	4	49.153		
	Total	593.965	5			

- b. Kesimpulan yang sama dapat diperoleh dari perbandingan nilai Sig. dengan taraf signifikansi (α). Sig. (0,047) < α (0,05). Karena nilai Sig. < α , disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak, berarti ada hubungan linear antara suhu dan kelembaban.
- c. Pada tabel Model Summary diperoleh nilai $R^2 = 0,669$, artinya variabel suhu dapat menerangkan variabilitas sebesar 66,9% dari variabel kelembaban, sisanya diterangkan oleh variabel lain (R^2 merupakan koefisien determinasi).

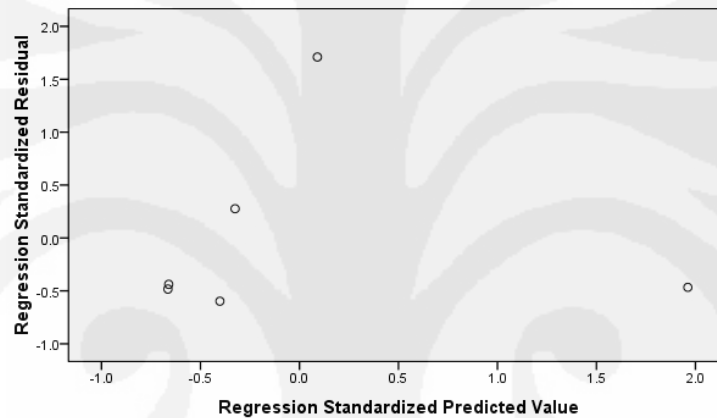
Tabel 4.6 Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.818 ^a	.669	.586	7.01089	1.896

- d. Berdasarkan diagram pencar pada Gambar 4.16 dapat disimpulkan sementara bahwa hubungan antara suhu dan kelembaban adalah linier. Kesimpulan ini didukung dengan melihat hasil plot residual pada Gambar 4.17. Karena grafik tersebut tidak membentuk suatu pola tertentu (misalnya : parabola, kubik, dsb), asumsi linieritas terpenuhi.



Gambar 4.16 Pengaruh Suhu terhadap Kelembaban



Gambar 4.17 Grafik Uji Linieritas

e. *Pearson Correlation*

Pada tabel 4.7 menunjukkan hubungan (korelasi) variabel suhu dan kelembaban yang dinyatakan dengan nilai $-0,818$. Berarti hubungan tersebut sangat kuat (tingkat hubungan yang tinggi). Tanda minus menyatakan hubungan yang berbanding terbalik, yakni bila suhu meningkat, kelembaban menurun dan sebaliknya.

Tabel 4.7 *Correlations Table* Suhu dan Kelembaban

Correlations			
		Suhu	Kelembaban
Pearson Correlation	Suhu	1.000	-.818
	Kelembaban	-.818	1.000
Sig. (1-tailed)	Suhu	.	.023
	Kelembaban	.023	.
N	Suhu	6	6
	Kelembaban	6	6

4.4.2 Analisis Hubungan Kelembaban dan Lamanya Waktu Pengeringan Menggunakan SPSS

Hipotesis :

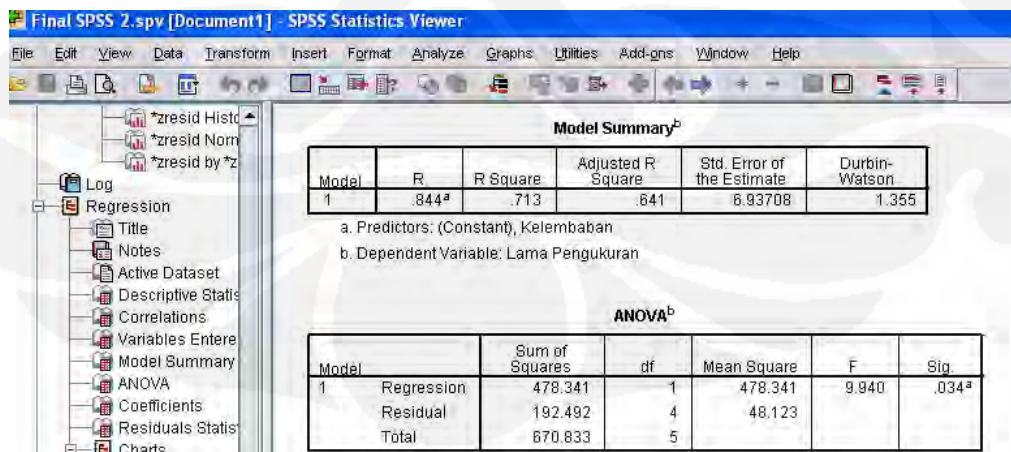
$H_0 : b = 0$ (Tidak ada hubungan linier antara Kelembaban dan Lamanya waktu pengeringan)

$H_1 : b \neq 0$ (Ada hubungan linier antara Kelembaban dan Lamanya waktu pengeringan)

a. Dalam table ANOVA, terbaca nilai $F_{hit} = 9,940$. Dari table nilai statistik F dengan derajat bebas $V_1 = 1$ dan $V_2 = 4$ pada taraf signifikansi 0,05 ($F_{1;4;0,05}$), diperoleh nilai $F_{tabel} = 7,71$, sehingga : $F_{hit} > F_{tabel}$ ($9,940 > 7,71$). Karena nilai $F_{hit} > F_{tabel}$ maka disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak. Artinya bahwa ada hubungan linear antara kelembaban dan lamanya waktu pengukuran.

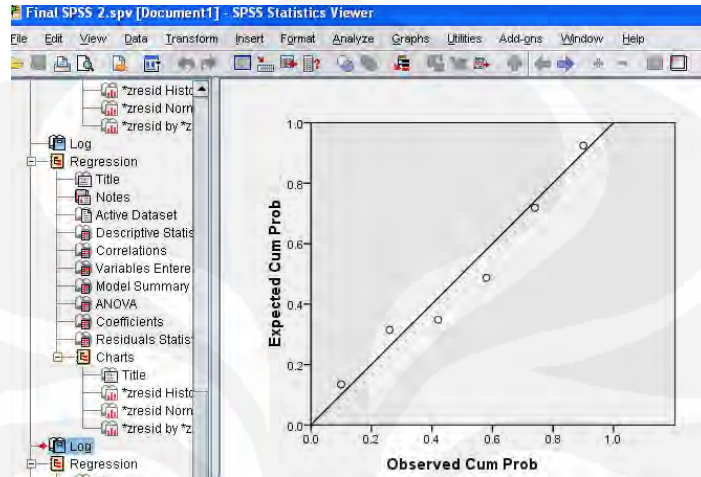
b. Kesimpulan yang sama dapat diperoleh dari perbandingan nilai Sig. dengan taraf signifikansi (α). Sig. (0,034) < α (0,05). Karena nilai Sig. < α , disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak, berarti ada hubungan linear antara kelembaban dan lamanya waktu pengeringan.

c. Pada tabel Model Summary diperoleh nilai $R^2 = 0,713$, artinya variabel suhu dapat menerangkan variabilitas sebesar 71,3% dari variabel kelembaban, sisanya diterangkan oleh variabel lain (R^2 merupakan koefisien determinasi).

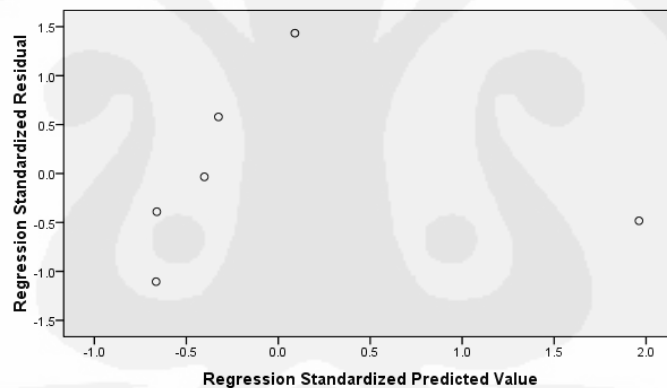


Gambar 4.18 Model Summary dan Tabel ANOVA

a. Berdasarkan diagram pencar pada Gambar 4.19 dapat disimpulkan sementara bahwa hubungan antara suhu dan kelembaban adalah linier. Kesimpulan ini didukung dengan melihat hasil plot residual pada Gambar 4.20. Karena grafik tersebut tidak membentuk suatu pola tertentu, asumsi linieritas terpenuhi.



Gambar 4.19 Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Kelembaban



Gambar 4.20 Grafik Uji Linieritas Waktu dan Kelembaban

b. Pearson Correlation

Pada tabel 4.8 menunjukkan hubungan (korelasi) variabel suhu dan kelembaban yang dinyatakan dengan nilai $-0,844$. Berarti hubungan tersebut sangat kuat (tingkat hubungan yang tinggi). Tanda minus menyatakan hubungan yang berbanding terbalik, yakni semakin lama waktu pengeringan, tingkat kelembaban semakin menurun dan sebaliknya.

Tabel 4.8 *Correlations Table* Waktu dan Kelembaban

		Lama Pengukuran	Kelembaban
Pearson Correlation	Lama Pengukuran	1.000	-.844
	Kelembaban	-.844	1.000
Sig. (1-tailed)	Lama Pengukuran	.	.017
	Kelembaban	.017	.
N	Lama Pengukuran	6	6
	Kelembaban	6	6

4.4.3 Analisis Hubungan Suhu dan Lamanya Waktu Pengeringan Menggunakan SPSS

Hipotesis :

$H_0 : b = 0$ (Tidak ada hubungan linier antara suhu dan Lamanya waktu pengeringan)

$H_1 : b \neq 0$ (Ada hubungan linier antara suhu dan Lamanya waktu pengeringan)

a. Dalam table ANOVA, terbaca nilai $F_{hit} = 54,429$. Dari table nilai statistik F dengan derajat bebas $V_1 = 1$ dan $V_2 = 4$ pada taraf signifikansi 0,05 ($F_{1;4;0,05}$), diperoleh nilai $F_{tabel} = 7,71$, sehingga : $F_{hit} > F_{tabel}$ ($54,429 > 7,71$). Karena nilai $F_{hit} > F_{tabel}$ maka disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak. Artinya bahwa ada hubungan linear antara suhu dan lamanya waktu pengukuran.

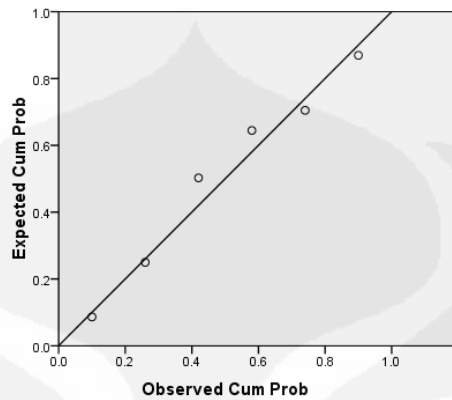
Tabel 4.9 ANOVA Suhu dan Waktu Pengeringan

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	624.909	1	624.909	54.429	.002 ^a
	Residual	45.925	4	11.481		
	Total	670.833	5			

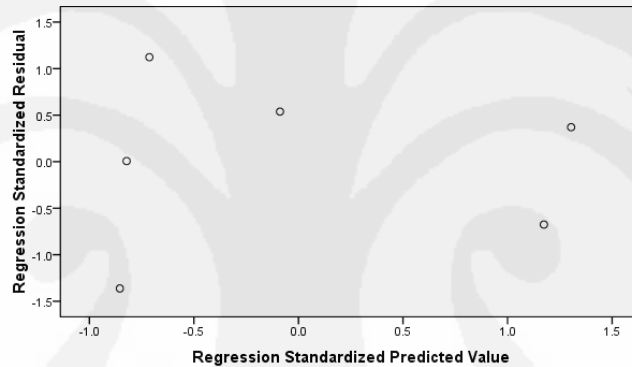
b. Kesimpulan yang sama dapat diperoleh dari perbandingan nilai Sig. dengan taraf signifikansi (α). Sig. (0,002) < α (0,05). Karena nilai Sig. < α , disimpulkan bahwa hipotesis H_0 ditolak, berarti ada hubungan linear antara suhu dan lamanya waktu pengeringan.

c. Berdasarkan diagram pencar pada Gambar 4.21 dapat disimpulkan sementara bahwa hubungan antara suhu dan lamanya waktu pengukuran adalah linier. Kesimpulan ini didukung dengan melihat hasil plot residual pada Gambar 4.22.

Karena grafik tersebut tidak membentuk suatu pola tertentu, asumsi linieritas terpenuhi.



Gambar 4.21 Pengaruh Waktu Pengeringan terhadap Suhu



Gambar 4.22 Grafik Uji Linieritas Waktu dan Suhu

d. Pearson Correlation

Pada tabel 4.10 menunjukkan hubungan (korelasi) variabel lamanya waktu pengeringan dan suhu yang dinyatakan dengan nilai +0,965. Berarti hubungan tersebut sangat kuat (tingkat hubungan yang tinggi). Tanda positif menyatakan hubungan yang berbanding lurus atau searah, yakni semakin lama waktu pengeringan, suhu semakin meningkat dan sebaliknya.

Tabel 4.10 Korelasi Waktu Pengeringan dan Suhu

		Correlations	
		Lama Pengukuran	Suhu
Pearson Correlation	Lama Pengukuran	1.000	.965
	Suhu	.965	1.000
Sig. (1-tailed)	Lama Pengukuran	.	.001
	Suhu	.001	.
N	Lama Pengukuran	6	6
	Suhu	6	6

4.5 Hasil Simulasi Kontroler Fuzzy Logic dengan Matlab

Penggunaan Kontrol Fuzzy pada Matlab diperlukan tahapan agar *output* yang dikehendaki sesuai dengan input dan sesuai dengan tujuan pemrograman.

4.5.1 Fungsi Keanggotaan Input

Fungsi keanggotaan pada sistem menggunakan segitiga *full symetris* yaitu SL, CL, L, KL, TL. Agar memperoleh karakteristik transfer yang linier naik dan linier turun digunakan 5 (lima) linguistik.

4.5.2 Fungsi Keanggotaan Output

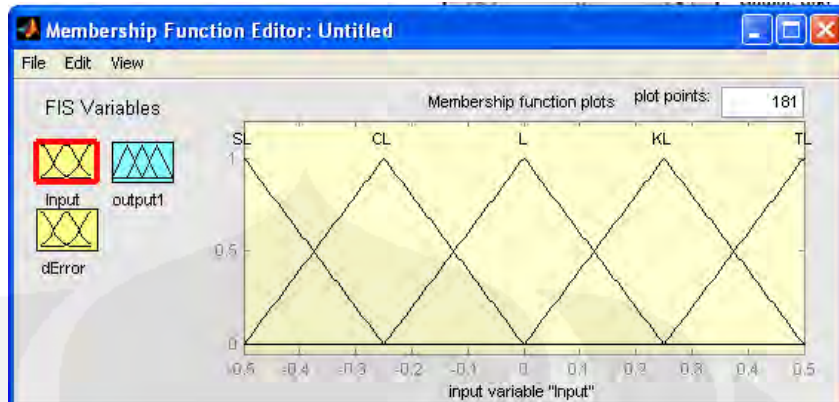
Fungsi keanggotaan pada sistem menggunakan segitiga *full symetris* yaitu SK, CK, K, KK, TK. Agar memperoleh karakteristik transfer yang linier naik dan linier turun digunakan 5 (lima) linguistik.

4.5.3 Fuzzyfication

Pada proses ini terdapat 2 (dua) variabel *input* dan satu variabel *output* yang akan dipetakan, yaitu:

a. Variabel input Error (E)

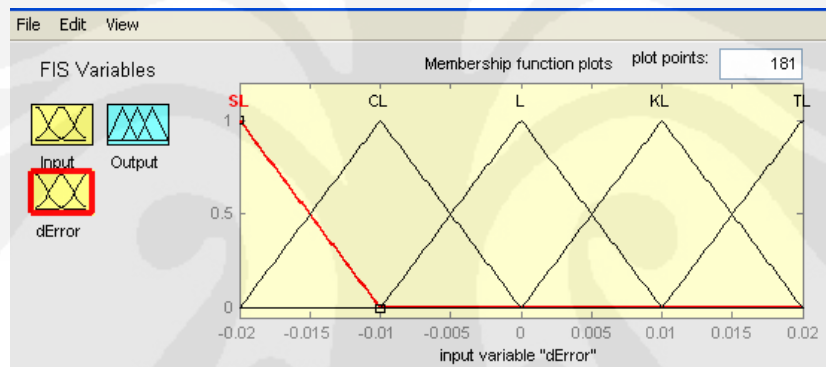
Nilai numerik input proses variabel diset -0,5 sampai +0,5. Maka, nilai variabel *input Error*, E adalah $\pm 0,5$.



Gambar 4.23a Fungsi Keanggotaan Variabel Input Error (E)

b. Variabel input Change in Error (dE)

Dengan mempertimbangkan agar diperoleh *tracking* yang halus, maka nilai variabel *input change in error*, dE diset pada nilai $\pm 0,02$.

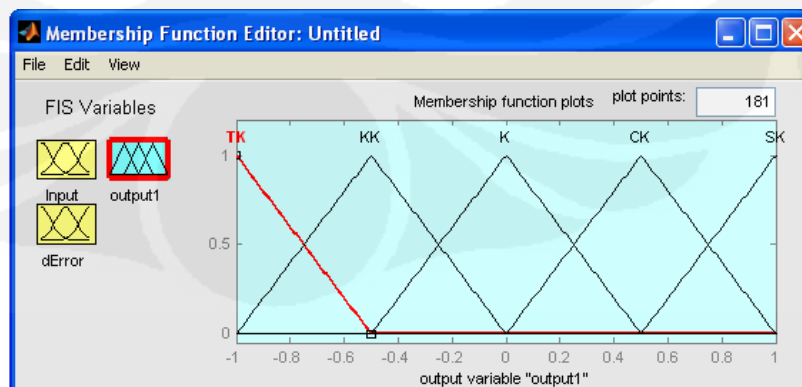


Gambar 4.23b. Fungsi Keanggotaan Variabel Input Change in Error (dE)

c. Variabel Output (U)

Setpoint output FLC ditentukan pada nilai $U = 0$, yaitu pada saat $E = 0$ dan $dE = 0$.

Variasi nilai *output*, $U_{(min)} = -1$ dan $U_{(max)} = 1$.



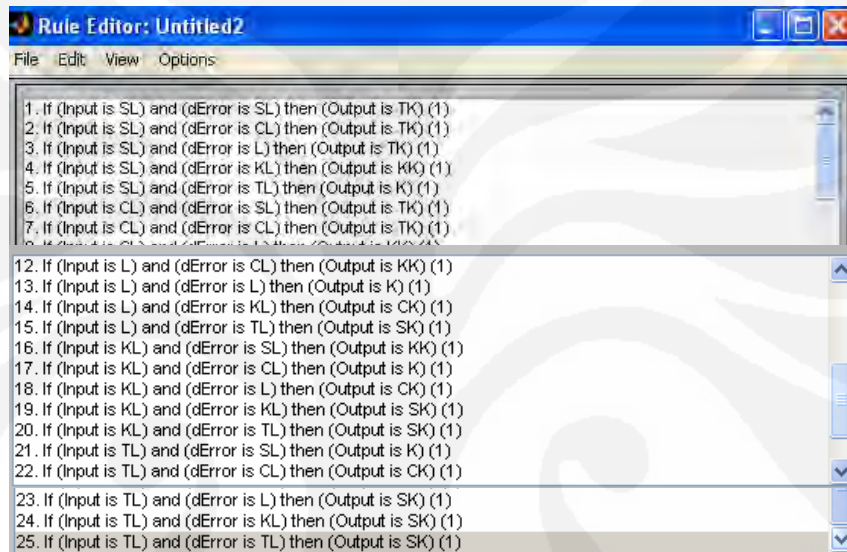
Gambar 4.23c Fungsi Keanggotaan Variabel Output (U)

d. Defuzzyfication

Metode defuzifikasi yang digunakan adalah *Center Of Gravity* (COG). Analisis yang dilakukan untuk sampel uji dengan nilai *output* tertentu dapat ditentukan fungsi keanggotaan dan nilai $E = 0$, $dE = 0$

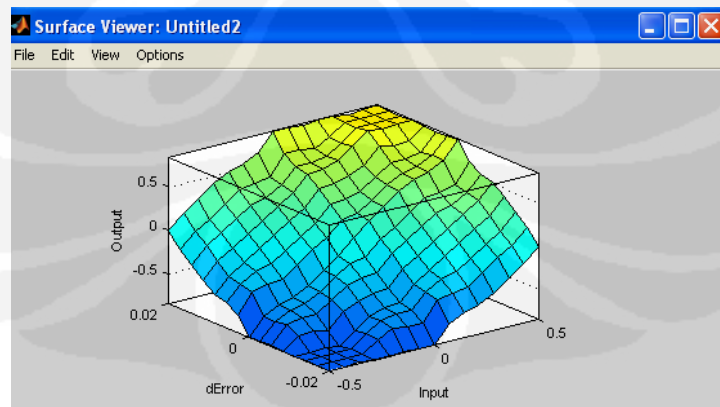
4.6 Rule-rule Menggunakan Matlab

Rules yang telah dibuat secara manual kemudian diaplikasikan kedalam Matlab seperti terlihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24a Program Pembuatan Rules Pada Matlab

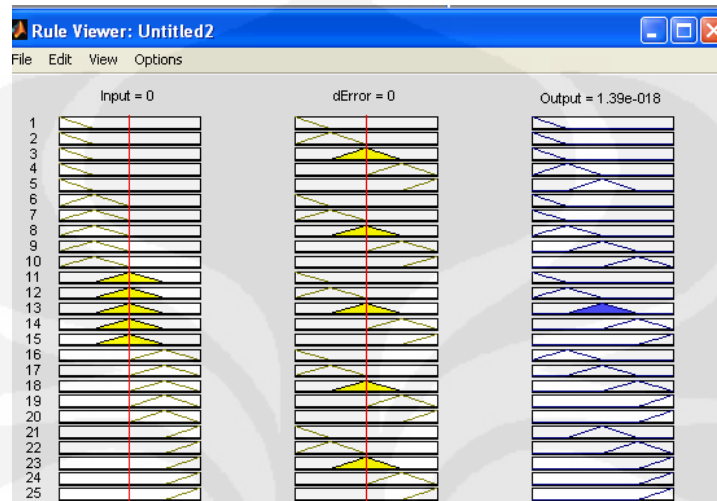
c. Tampilan Permukaan Hasil Pengeringan dengan Matlab



Gambar 4.24b Tampak Permukaan Pengeringan (3D)

Bentuk luaran dari korelasi *input* yang terdiri dari Error (E), dError (dE), dan output U jika diperhatikan dari permukaan (3D) dapat dilihat pada Gambar (4.17b).

d. Implikasi Rule-rule Fuzzy pada Matlab



Gambar 4.24c. Implikasi untuk E , dE dan Output U

Analisa : dari Gambar 4.17c terlihat bahwa untuk Error (E) = 0, dError (dE) = 0 , dan *output* U = 0 terjadi pada *rule* yang sama, yaitu *rule* ke 13. Hal ini sesuai dengan *rule* keanggotaan Fuzzy pada Tabel 4.11.

e. Rule Fuzzy pada Manual

Tabel 4.11 Aturan Fuzzy Manual

N0	IF	Error, e is	AND	Change in Error, de is	THEN	Out, U is
1		SL		SL		TK
2		SL		CL		TK
3		SL		L		TK
4		SL		KL		KK
5		SL		TL		K
6		CL		SL		TK
7		CL		CL		TK
8		CL		L		KK
9		CL		KL		K
10		CL		TL		CK
11		L		SL		TK
12		L		CL		KK
13		L		L		K

14	L	KL	CK
15	L	TL	SK
16	KL	SL	KK
17	KL	CL	K
18	KL	L	CK
19	KL	KL	SK
20	KL	TL	SK
21	TL	SL	K
22	TL	CL	CK
23	TL	L	SK
24	TL	KL	SK
25	TL	TL	SK

d. Listing Program Fuzzy Logic Pada Matlab

```

[System]
Name='Untitled2'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=25
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Input'
Range=[-0.5 0.5]
NumMFs=5
MF1='SL':'trimf',[-0.75 -0.5 -
0.25]
MF2='CL':'trimf',[-0.5 -0.25
0]
MF3='L':'trimf',[-0.25 0 0.25]
MF4='KL':'trimf',[0 0.25 0.5]
MF5='TL':'trimf',[0.25 0.5
0.75]

[Input2]
Name='dError'
Range=[-0.02 0.02]
NumMFs=5
MF1='SL':'trimf',[-0.03 -0.02 -
0.01]
MF2='CL':'trimf',[-0.02 -0.01
0]
MF3='L':'trimf',[-0.01 0 0.01]
MF4='KL':'trimf',[0 0.01 0.02]
MF5='TL':'trimf',[0.01 0.02
0.03]

[Output1]
Name='Output'
Range=[-1 1]
NumMFs=5
MF1='TK':'trimf',[-1.5 -1 -0.5]
MF2='KK':'trimf',[-1 -0.5 0]
MF3='K':'trimf',[-0.5 0 0.5]
MF4='CK':'trimf',[0 0.5 1]
MF5='SK':'trimf',[0.5 1 1.5]

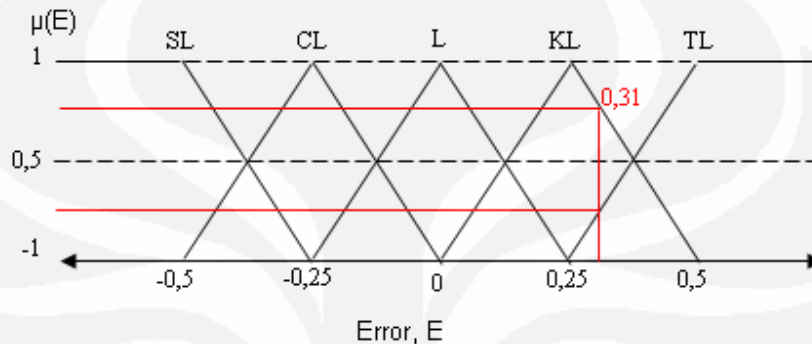
[Rules]
1 1, 1 (1) : 1
1 2, 1 (1) : 1
1 3, 1 (1) : 1
1 4, 2 (1) : 1
1 5, 3 (1) : 1
2 1, 1 (1) : 1
2 2, 1 (1) : 1
2 3, 2 (1) : 1
2 4, 3 (1) : 1
2 5, 4 (1) : 1
3 1, 1 (1) : 1
3 2, 2 (1) : 1
3 3, 3 (1) : 1
3 4, 4 (1) : 1
3 5, 5 (1) : 1
4 1, 2 (1) : 1
4 2, 3 (1) : 1
4 3, 4 (1) : 1
4 4, 5 (1) : 1
4 5, 5 (1) : 1
5 1, 3 (1) : 1
5 2, 4 (1) : 1
5 3, 5 (1) : 1
5 4, 5 (1) : 1
5 5, 5 (1) : 1

```

4.7 Analisis Hasil Pengujian

Analisis Fuzzy Inference untuk Data Nilai Input Error(E) = + 0,31 dan dError (dE) = +0,01. Outputnya akan dihitung sesuai prosedur teoritis.

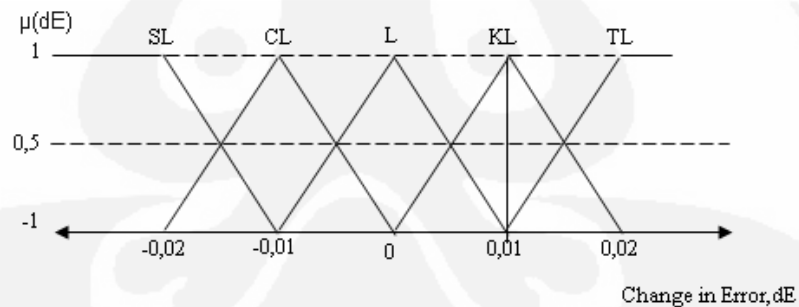
4.7.1 Implikasi pada Input Error (E)



Gambar 4. 25. Daerah Input Variabel Error (E) = +0,31

Pada nilai input Error (E) +0,31, proyeksikan vertikal ke atas, berpotongan pada Fungsi Keanggotaan input KL (linier turun) dan TL (linier naik).

4.7.2 Implikasi pada Input dError (dE)



Gambar 4. 26. Daerah Input Variabel dError $d(E)$ = + 0,01

Pada nilai input dError (dE) +0,01, proyeksikan vertikal ke atas, berpotongan pada fungsi keanggotaan 1.

4.7.3 Kondisional Pernyataan

a. Fungsi Keanggotaan

Kondisi pernyataan secara keseluruhan pada Error (E) = +0,31 dan dError (dE) = +0,01 adalah sesuai pada rule no 19, 20 dan 25 pada Tabel 4.12, yaitu:

Tabel 4.12. Rule Input Error E = +0,31 dan Change in Error dE = +0,01

IF	Error, E is	AND	Change in Error, dE is	THEN	Out, U is
	KL		KL		SK
	KL		TL		SK
	TL		TL		SK

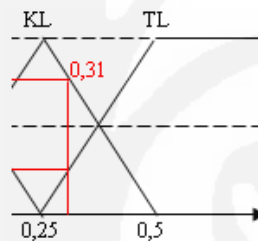
Perhitungan $\mu(E)$:

Linier Turun pada KL dan

$$\mu(E) = \frac{0,31 - 0,25}{0,5 - 0,25} = \frac{0,06}{0,25} = 0,24$$

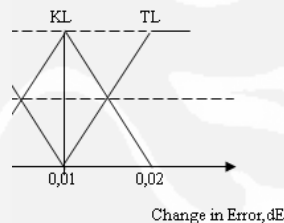
Linier Naik pada TL

$$\mu(E) = \frac{0,5 - 0,31}{0,5 - 0,25} = \frac{0,19}{0,25} = 0,7$$



Gambar 4.27. Daerah Implikasi Input Variabel Error

Perhitungan $\mu(dE)$

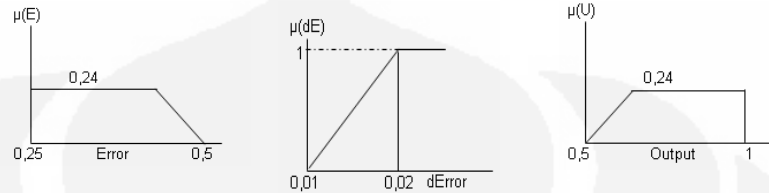


Gambar 4.28. Daerah Implikasi Input Variabel dError

Terlihat pada Gambar 4.28 untuk dError (dE) = +0,01 nilai μ (dE) adalah tunggal yaitu 1.

b. Graphical Techniques Inference

Rule 1



Gambar 4.29. Inference Rule 1

Rule 2



Gambar 4.30. Inference Rule 2

c. Defazzyfikasi Metode COG

Untuk menentukan Output dari variable input Error (E) = +0,31 dan dError (dE) = +0,01 digunakan Metode CEG, yaitu:



Gambar 4.31. Hasil Inference pada Output

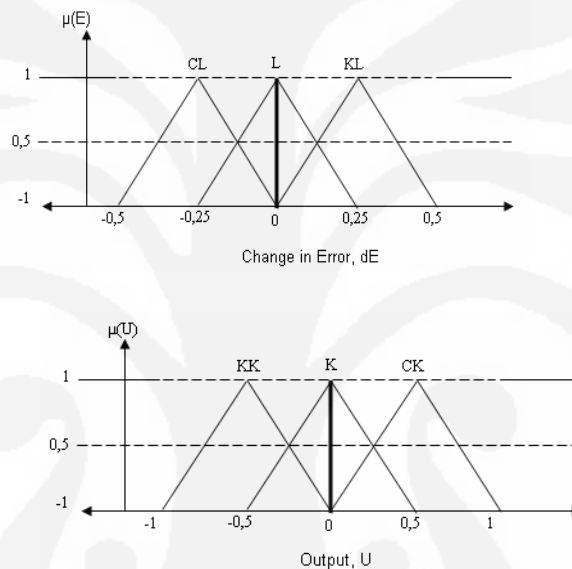
$$U = \frac{\sum_{j=1}^q u_j \cdot \mu(u_j)}{\sum_{j=1}^q \mu(u_j)}; \text{ untuk } q = 3$$

$$= \frac{(0,24)(0,625) + (0,76)(0,625)}{(0,24 + 0,76)} = 0.625$$

4.8 Studi Kasus

4.8.1 Studi Kasus Error (E) dan dError (dE) berada tepat di puncak klasifikasi fungsi keanggotaan

Studi kasus dilakukan untuk melihat kesamaan/perbedaan hasil perhitungan secara teori dengan hasil perhitungan program pada Matlab.



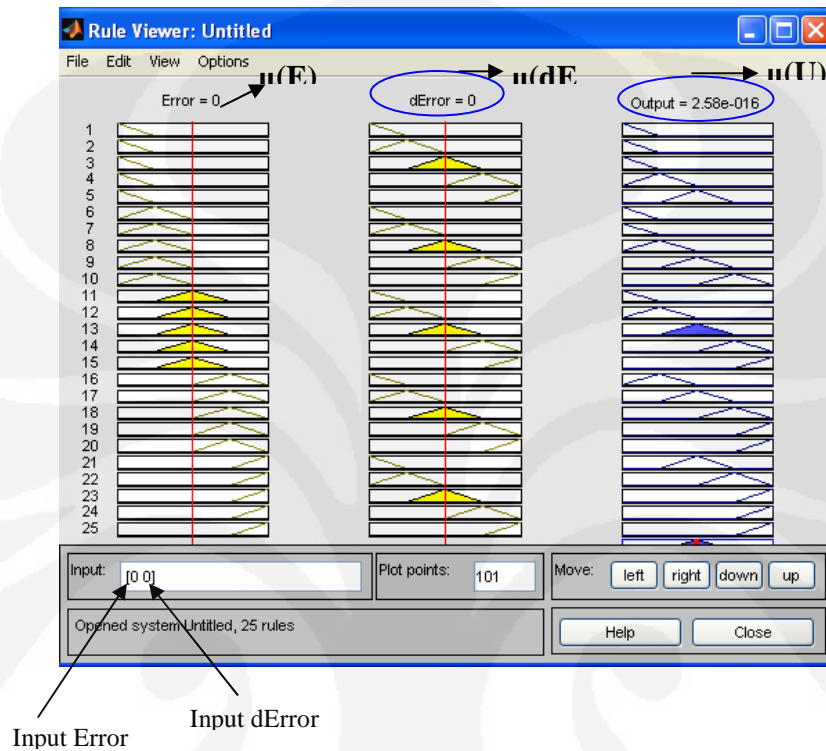
Gambar 4.32 Implikasi untuk $E = 0$ dan $dE = 0$

Mengacu pada Gambar 4.32, terdapat 6 aturan (8, 9, 13, 14, 17 dan 18) yang terkena implikasi, akan tetapi hanya ada satu yang bernilai yaitu aturan no. 13 dari Tabel 4.7 (lainnya nol). Dengan menggunakan metode COG, nilai *output* adalah:

$$U = \frac{\sum_{j=1}^q u_j \cdot \mu(u_j)}{\sum_{j=1}^q \mu(u_j)}; \text{ untuk } q = 6$$

$$= \frac{(0) + (0) + (1)(0) + (0) + (0) + (0)}{(0) + (0) + (1) + (0) + (0) + (0)} = \frac{0}{1} = 0$$

Defazzyfikasi pada Matlab dilakukan dengan memasukkan nilai *input* Error ($E=0$) dan nilai *input* dError ($dE=0$), kemudian klik Enter. Selanjutnya akan muncul dan terbaca $\mu(E)=0$, $\mu(dE)=0$, dan $\mu(U) = 2.58e-016$ secara otomatis seperti pada Gambar 4.33.

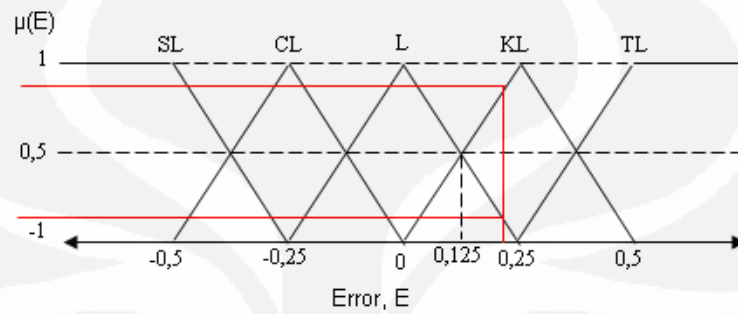


Gambar 4.33. Defazifikasi Error ($E=0$), dError ($dE=0$), dengan Matlab

4.8.2 Kasus 2, Analisis Fuzzy Inference untuk Nilai Input Error(E) = + 0,2 dan dError (dE) = +0,004.

Sampel uji nilai adalah selain yang disebut dalam implikasinya. Dari nilai keanggotaan *input* E dan dE dapat dirunut nilai keanggotaan *output*. Permasalahan ini dibahas lebih jelas pada studi kasus untuk input $E = +0,2$ dan $dE = +0,004$.

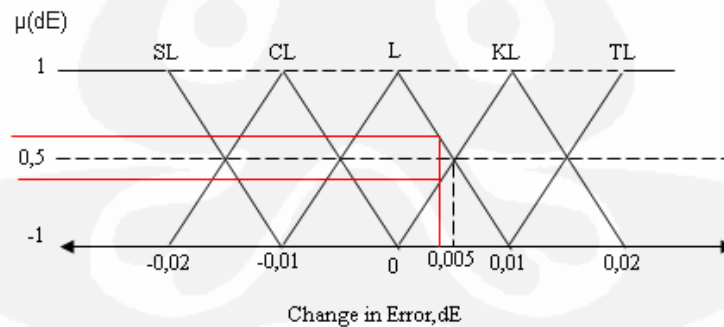
a Implikasi pada Input Error (E)



Gambar 4. 34. Daerah Input Variabel Error (E) = + 0,2

Pada nilai *input* Error (E) + 0,2, proyeksikan +0,2 vertikal ke atas, berpotongan pada Fungsi Keanggotaan input L (linier turun) dan KL (linier naik).

b Implikasi pada Input dError (dE)



Gambar 4. 35. Daerah Input Variabel dError d(E) = + 0,004

Pada nilai *input* dError (dE) + 0,004, proyeksikan +0,004 vertikal ke atas, berpotongan pada Fungsi Keanggotaan input KL (linier naik) dan L (linier turun).

c Implikasi pada Output

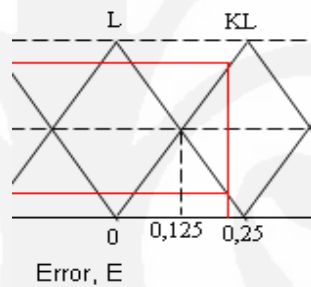
- Fungsi Keanggotaan

Kondisi pernyataan secara keseluruhan pada Error (E) = +0,2 dan dError (dE) = +0,004 adalah sesuai pada *rule* no 13, 14, 18, dan 19 di Tabel 4.13 yaitu:

Tabel 4.13. Rule Input Error (E) = + 0,2 dan dError (dE) = +0,008

N0	IF	Error, e is	AND	Change in Error, de is	THEN	Out, U is
13		L		L		K
14		L		KL		CK
18		KL		L		CK
19		KL		KL		SK

Perhitungan $\mu(E)$:



Gambar 4.36. Daerah Implikasi Input Variabel Error

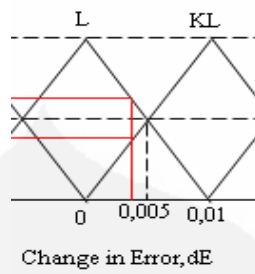
Linier Turun pada L dan

$$\mu(E) = \frac{0,25 - 0,2}{0,25 - 0} = \frac{0,005}{0,25} = 0,02$$

Linier Naik pada KL

$$\mu(E) = \frac{0,2 - 0}{0,25 - 0} = \frac{0,2}{0,25} = 0,8$$

Perhitungan $\mu(dE)$



Gambar 4.37. Daerah Implikasi Input Variabel dError

Linier Turun pada L

$$\mu(dE) = \frac{0,004 - 0}{0,01 - 0} = \frac{0,004}{0,01} = 0,4$$

Linier Naik pada KL

$$\mu(dE) = \frac{0,01 - 0,004}{0,01 - 0} = \frac{0,006}{0,01} = 0,6$$

e. Graphical Techniques Inference

Rule 1



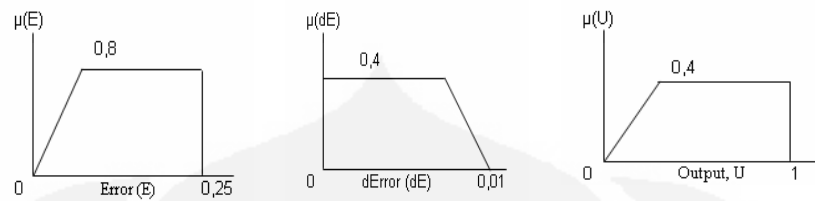
Gambar 4.38 Daerah Inference Rule 1

Rule 2



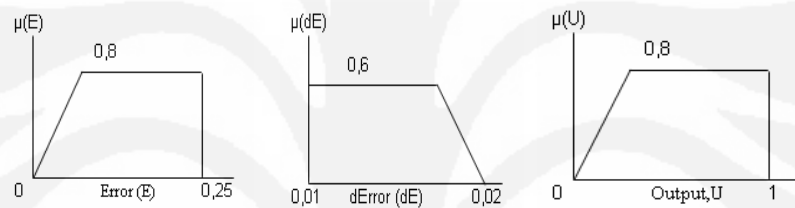
Gambar 4.39 Daerah Inference Rule 2

Rule 3



Gambar 4.40 Daerah Inference Rule 3

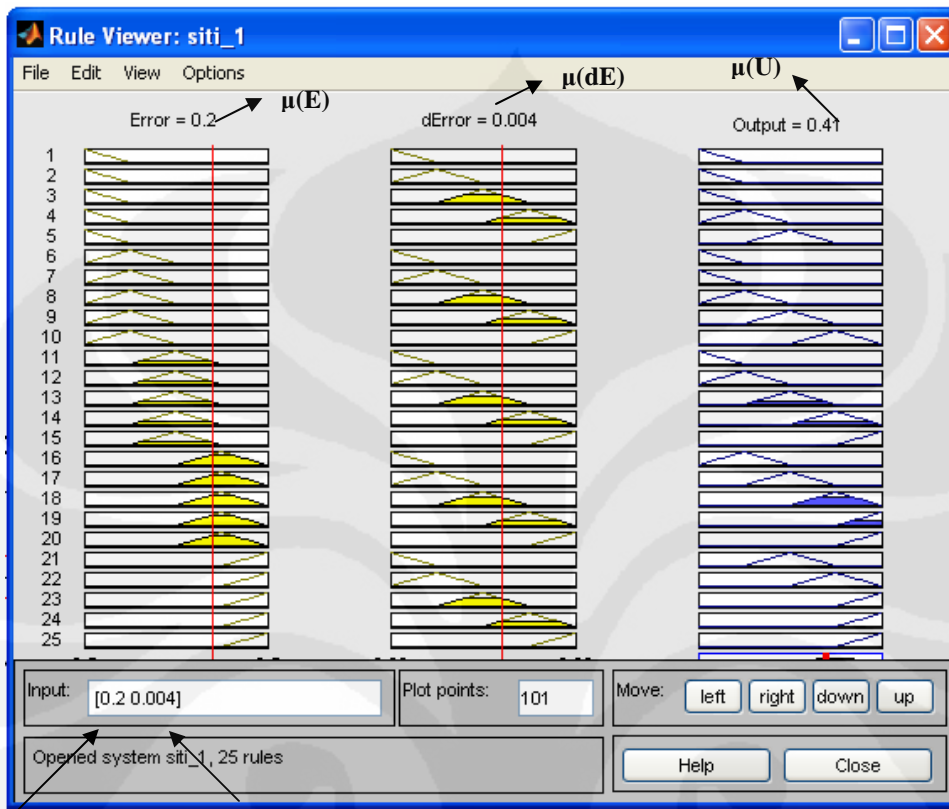
Rule 4



Gambar 4.41 Daerah Inference Rule 4

f. Defazifikasi pada Matlab

Defazifikasi pada Matlab dilakukan dengan memasukkan nilai input Error ($E=0.2$) dan nilai input dError ($dE=0.004$), kemudian klik Enter. Selanjutnya akan muncul dan terbaca $\mu(E)=0,2$, $\mu(dE)=0,004$, dan $\mu(U)=0,41$ secara otomatis seperti pada Gambar 4.42.



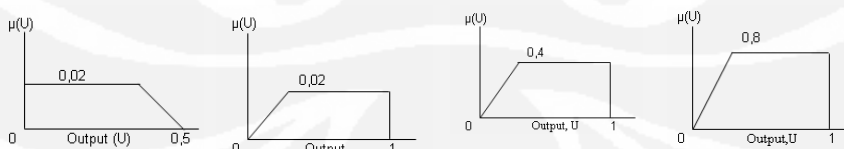
Input Error

Input dError

Gambar 4.42. Defazifikasi Error ($E=0.2$), dError ($dE=0.004$), dengan Matlab

g. Defazifikasi Metode CEG

Untuk menentukan Output dari variable input Error ($E = +0,2$ dan dError ($dE = +0,004$ digunakan Metode CEG, yaitu:



Gambar 4.43. Hasil Inference Output

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{\sum_{j=1}^q u_j \cdot \mu(u_j)}{\sum_{j=1}^q \mu(u_j)}; \text{ untuk } q = 4 \\
 &= \frac{(0,02)(0,375) + (0,02)(0,411) + (0,4)(0,411) + (0,8)(0,411)}{(0,02) + (0,02) + (0,4) + (0,8)} \\
 &= 0,41042
 \end{aligned}$$

h. Perbedaan Hasil

Jika dibandingkan hasil defazifikasi pada Matlab nilai $\mu(U) = 0,41$ sedangkan dengan Metode Graphical Techniques Inference nilai $\mu(U) = 0,41042$. Selisih perhitungan nilai $\Delta\mu(U) = 0,00042$, tiga decimal terakhir. Perbedaan 3 decimal terakhir dibelakang koma disebabkan oleh ketelitian yang digunakan dalam perhitungan teori.

BAB 5

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisa hasil pengujian yang telah diperoleh dengan bantuan *software Visual Basic 5.00, Matlab 7.0, AVR Code Vision dan SPSS 17*, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Untuk mendapatkan hasil pengeringan MOCAL yang optimum, waktu pengeringan terbaik yaitu selama 2 jam dengan tingkat penurunan kadar air sebesar 40%.
2. Dengan penerapan *fuzzy logic controller*, didapatkan *range output* yang lebih luas, yaitu sangat kering, cukup kering dan kering serta lamanya waktu pengeringan dapat diatur berdasarkan *range output* tersebut.
3. Suhu maksimum yang diperbolehkan pada ruang pengering MOCAL yaitu 60°C.
4. Berdasarkan studi kasus, terdapat perbedaan hasil perhitungan secara teori dengan simulasi Matlab. Hal ini disebabkan oleh ketelitian yang digunakan dalam perhitungan teori.
5. Beberapa penyebab respon suhu dan kelembaban yang fluktuatif dikarenakan :
 - a. Drop tegangan pada rangkaian mikrokontroler menyebabkan perubahan tegangan referensi bagi input proses ADC sehingga respon sensor suhu LM35 turut berubah.
 - b. Saluran pembuang udara panas/exhaust harus diperbanyak guna mempercepat proses sirkulasi udara panas dan uap air yang terjadi selama proses pengeringan MOCAL.
 - c. Penempatan posisi sensor mempengaruhi sensitifitas sensor terhadap pembacaan obyek yang diukur..
 - d. *Response time heater* pada saat dinyalakan maupun saat dimatikan.

DAFTAR REFERENSI

- [1]. Reger. L. Tokheim. 1995. *Elektronika Digital*. Edisi Kedua. Jakarta. Erlangga.
- [2]. Malvino, Albert P & Tjian May On, 1996, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Erlangga, Jakarta.
- [3]. Anonimus 2001, Laporan Mahasiswa KKN Univ. Udayana di desa Sibetan, Kec. Bebandem, Kab., Karangasem, Bali
- [4]. Asprianto Karno, N. 1999. Sistem Kontrol Suhu Untuk Proses pengeringan.
- [5]. Yohanes, 2002. Laporan Penelitian Aplikasi Sistem Kontrol Suhu Pada Pengeringan Buah Salak. Program Falsafah Sains (PPS702) Program Pascasarjana/S3. Institut Pertanian Bogor.
- [6]. Wang, L. X., 1997, *A Course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice Hall, New Jersey.
- [7]. Jamsidi Mohammad, Nader Vadiac and Timothy J Ross. 1993. "*Fuzzy Logic and Control : Software and Hardware Applications*", Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- [8]. <http://www.atmel.com>. 2010. *ATMega16 Data Sheet* Di down load 15 Januari 2010.
- [9]. <http://www.sensirion.com>. 2010. SHT1x/SHT7x Humidity & Temperature Sensor Data Sheet. Di down load 15 Januari 2010.
- [10]. [http://www.google.co.id/search. 2 010](http://www.google.co.id/search.2010). Susana I. W. Peningkatan Nilai Gizi Pakan dari Limbah Pertanian Melalui Fermentasi. *Lokakarya Nasional Potensi dan Peluang Pengembangan Usaha Agribisnis Kelinci*. 2001. Di down Load 27 Januari 2010, pukul 15.30 WIB.
- [11]. <http://www.perumperhutani.com>. 2008. Kutipan Pernyataan Muhammad Taufiq Staf Ahli Menteri Negara Koperasi dan UKM Bidang Pengembangan Iklim Usaha dan Kemitraan. Ditulis oleh Mulia Ginting Munthe. Di down load pada 27 Januari 2010, pukul 11.29 WIB
- [12]. Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik Jilid 1*, diterjemahkan oleh Edi Leksono, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [13]. Holman, J.P dan Jasjfi. 1985. *Metode Pengukuran Teknik* . Penerbit Erlangga, Jakarta.

- [14]. Felix Pasila , Thiang, Oscar Final. 2000. Pengaturan. Kecepatan Motor DC Menggunakan Kendali Hybrid PID-Fuzzy. Proceeding, Industrial Electronic Seminar (IES 2000). Email: felix@petra.ac.id, thiang@petra.ac.id
- [15]. <http://www.ittelkom.ac.id/library/.2010>. Down Load 13 Februari 2010. pukul 09.30 WIB. Rio Timbul M Malau_111010139. Desain Dan Implementasi Telemetri Suhu Ruang Berbasis Mikrokontroller Atmega *It Telkom*.
- [16]. http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/artikel/AN16.pdf. Tim IE & Igit Purwahyudi (Universitas Widya Mandala).AN16 How 2 Use DT-51 PetraFuz.. Di dow load 10 Januari 2010.
- [17]. Rahayu, Purwanti B.S. 2008. *Tesis Sistem Kendali Pengreman Pada Kontrol Motor DC Menggunakan Fuzzy Logic*. UI, Depok.
- [18]. Sulaiman, Wahid.2004.*Analisis Regresi Menggunakan SPSS Contoh Kasus dan Pemecahannya*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [19]. Sugiyono.1999.*Statistik Nonparametris Untuk Penelitian*. CV ALFABETA. Bandung.
- [20]. Ross, Timothy J. 1997. *Fuzzy Logic With Enggining Applications*. McGraw Hill International Editions.