MESIN PENGERING TEPUNG DENGAN MENGGUNAKAN KONTROL FUZZY LOGIC

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

Oleh

Fajar Nugroho NIM.5301412021

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Fajar Nugroho

NIM : 5301412021

Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

Judul Skripsi : Mesin Pengering Tepung Dengan Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi S-1 Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Elektro FT. UNNES

Semarang, 20 April 2014

Pembimbing 1,	Pembimbing 2,
Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.	Drs. Suryono, M.T.
NIP.196605051998022001	NIP.195503161985031001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Mesin Pengering Tepung Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic telah dipaparkan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 26 bulan April Tahun 2017

Oleh

Nama : Fajar Nugroho

NIM : 5301412021

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Panitia :

Ketua Panitia

Dr.-ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T

NIP.197805312005011002

Sekretaris

Drs.Agus Suryanto, M.T.

NIP.196708181992031004

Penguji I

Dr. I Made Sudana, M.Pd.

NIP.195605081984031004

Penguji II

Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.

NIP.196605051998022001

Penguji III

Drs. Suryono,M.T.

NIP.195503161985031001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Unnes

Dr. Nur Qudus, M.T.

NIP.196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukkan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan keti
5. dakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 3 Mei 2017

Yang membuat peryataan,

Fajar Nugroho
NIM. 5301412021

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- Orang yang menginginkan impiannya menjadi kenyataan, harus menjaga diri agar tidak tertidur.
- Sebelum menolong orang lain, saya harus dapat menolong diri sendiri. Sebelum menguatkan orang lain, saya harus bisa menguatkan kehidupan diri sendiri dahulu.
- Janganlah takut untuk melangkah karena jarak 1000 mil dimulai dengan langkah pertama.

Persembahan :

- Untuk Bapak dan Ibu tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta motivasi.
- Untuk Kakak dan kedua adikku yang selalu menjadi semangat.
- Untuk seluruh teman-teman PTE angkatan 2012 dan teman-teman UKM Riptek terutama divisi robotik yang selalu memberi semangat dan motovasi.

ABSTRAK

Nugroho, Fajar. 2017. **Mesin Pengering Tepung Dengan Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic.** Skripsi, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T. dan Drs. Suryono, M.T.

Perkembangan media elektronik semakin hari semakin pesat. Selain untuk kebutuhan teknologi juga banyak yang dikembangkan untuk membantu kegiatan manusia sehari-hari. Salah satunya dalam dunia pertanian dan perkebunan dibutuhkan teknologi untuk membantu proses pengolahan hasil pertania dan perkebunan. Pada penelitian ini merancang sebuah mesin pengering tepung untuk membantu proses pengeringan hasil olahan khususnya tepung jagung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan sebuah produk dan menerapkan metode logika fuzzy dalam proses pengontrolan pengeringan.

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development. Pada proses pengambilan data dilaksanakan di laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Pengujian terbagi menjadi enam yaitu pengujian berat tepung, pengujian PWM, pengujian sensor, pengujian suhu ruang pengering, pengujian control logika fuzzy, dan pengujian kadar air tepung. Pada sistem pengendalian ini menggunakan metode Mamdani. Sistem kendali dirancang dengan menggunakan dua buah masukan yang berupa suhu dan kelembaban. Kedua input akan diproses untuk mendapatkan nilai output berupa sinyal PWM untuk mengontrol heater dan dua buah blower.

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa logika fuzzy dapat diterapkan pada sistem pengering tepung dengan menggunakan sensor SHT11 dan mengontrol output *heater* dan dua buah blower. Suhu pengeringan yang baik adalah pada suhu 50° C.

Kata Kunci: Mesin Pengering Tepung, Fuzzy Logic.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Yang Maha Kuasa Yang telah melimpahkan rahmat dan karunia serta hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul " Mesin Pengering Tepung Menggunakan Kontrol Fuzzy Logic" dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih pada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini, khususnya kepada :

1. Untuk Bapak dan Ibu tercinta yang selalu mendoakan dan memberi dukungan serta motivasi.
2. Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T Dosen Pembimbing 1 yang selalu mendampingi dan memberikan arahan, saran, ilmu, dan motivasi salama pembuatan skripsi.
3. Drs. Suryono, M.T Dosen pembimbing 2 yang selalu mendampingi dan memberikan arahan, saran, ilmu, dan motivasi salama pembuatan skripsi.
4. Dr. I Made Sudana, M.Pd. Dosen penguji yang telah memberikan arahan dan bimbingan.
5. Dr.-ing. Dhidik Prastiyanto, S.T.,M.T. Ketua Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk memaparkan gagasan dalam bentuk skripsi ini.
6. Semua pihak yang terlibat, atas bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Semoga semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penuis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak khususnya pagi penulis sendiri dan masyarakat serta pembaca pada umumnya.

Semarang, 3 Mei 2017

Penulis

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **Error! Bookmark not defined.**

PENGESAHAN ..... **Error! Bookmark not defined.**

PERNYATAAN KEASLIAN iii

MOTTO DAN PERSEMBAHAN v

ABSTRAK vi

KATA PENGANTAR vii

DAFTAR ISI ix

DAFTAR TABEL xiii

DAFTAR GAMBAR xiv

DAFTAR LAMPIRAN xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang Masalah 1

1.2. Identifikasi Masalah 4

1.3. Pembatasan Masalah 4

1.4. Rumusan Masalah 5

1.5. Tujuan 5

1.6. Manfaat 5

1.7. Sistematika Penulisan 5

BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI 7

2.1. Kajian Pustaka 7

2.2. Dasar Teori 11

2.2.1. Tepung Jagung 11

2.2.1.1. Kualitas Tepung 11

2.2.1.2. Klasifikasi dan Standart Mutu Tepung Jagung 12

2.2.2. Kadar Air 13
2.2.3. Fuzzy logic controller 16
2.2.4. Cara Kerja Logika Fuzzy 17
2.2.5. Tipe Fuzzy Logic Controller 19
2.2.5.1. Metode Mamdani 20
2.2.5.2. Metode Sugeno 25
2.2.6. Sistem Kontrol 26
2.2.6.1. Mikrokontroller ATmega 328 28
2.2.6.2. Konfigurasi PIN ATmega 328 29
2.2.7. Arduino Uno 31
2.2.7.1. Sensor Suhu dan Kelembaban SHT11 35
BAB III PERANCANGAN MESIN PENGERING TEPUNG 40
3.1. Metode Penelitian 40
3.2. Objek, Waktu danTempat Pelaksanaan Penelitian 41
3.3. Desain Penelitian 41
3.3.1. Alur Penelitian 41
3.4. Alat dan Bahan 43
3.5. Diagram Blok sistem 44
3.6. Perancangan Perangkat Keras 44
3.6.1. Prinsip Kerja Sistem 44
3.6.2. Perancangan Desain Tampilan dan Dimensi Alat 46
3.6.3. Perancangan Rangkaian 47
3.6.3.1. Mikrokontroller Arduino uno ATmega 328 47
3.6.3.2. Rangkaian Sensor SHT11 48
3.6.3.3. Rangkaian Pengontrol Blower & Motor Pengaduk 48

3.6.3.4. Rangkaian Pengontrol *Heater* 49
3.6.3.5. Rangkaian display 50
3.7. Perancangan Perangkat Lunak 51
3.7.1. Perancangan Fuzzy Logic Controller 51
3.7.2. Perancangan Membership Function 52
3.7.3. Aturan Fuzzy (Rule base) 56
3.7.4. Defuzzyfication 56
3.8. Variabel Penelitian 56
3.8.1. Berat dan Kadar Air jagung 56
3.8.2. Suhu Ruang Pengering 57
3.8.3. Kelembaban Ruang Pengering 57
3.9. Teknik Pengumpulan Data 57
3.10. Kalibrasi Instrumen 58
3.11. Teknik Analisis Data 58
3.11.1. Tingkat kesalahan alat pengering tepung pada set point: 59
3.11.2. Kadar Air 59
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 60
4.1. Deskripsi Data 60
4.1.1. Pengukuran Suhu Ruang Pengering 60
4.1.3. Pengukuran tegangan input sensor SHT 11. 65
4.1.4. Pengukuran Tingkat Error sensor SHT11 67
4.1.5. Pengukuran Berat 68
4.1.5.1. Pengukuran Berat Tepung Jagung 68
4.2. Analisis Data 69
4.2.1. Hasil Simulasi Kontroller Fuzzy Logic dengan Matlab 69

4.2.1.1. Variabel himpunan input dan Output pada fuzzy 69
4.2.1.2. Aturan-Aturan (Rule \Base 76
4.2.1.3. Pengujian Hasil Rancangan 77
4.2.2. Analisis Fuzzy Inference System 78
4.2.2.1. Fungsi Keanggotaan Input Suhu 79
4.2.2.2. Fungsi Keanggotaan Input Kelembaban 79
4.2.2.3. Fungsi Keanggotaan pada Output 79
4.2.2.4. Aplikasi Implikasi *(MIN)* 81
4.2.2.5. Komposisi Antar Aturan 83
4.2.2.6. Output Heater 83
4.2.2.7. Output Blower 1 85
4.2.2.8. Output Blower 2 86
4.2.3. Pengukuran Suhu Ruang Pengering 88
4.2.3.1. Pengukuran Suhu Ruang Pengering Setpoint 40°C 88
4.2.3.2. Pengukuran Suhu Ruang Pengering Setpoint 50°C 89
4.2.3.3. Pengukuran Suhu Ruang Pengering Setpoint 60°C 89
4.2.4. Pengukuran Tingkat Error 90
4.2.5. Pengukuran Kadar Air 93
4.3. Pembahasan 97
BAB V PENUTUP 100
5.1. Kesimpulan 100
5.2. Saran 100

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan Gizi tepung Jagung 11
Tabel 2.2. Kriteria Mutu Tepung Jagung berdasarkan SNI 12
Tabel 2.3 PIN connection SHT11 37
Tabel 3.2 Komponen Rangkaian Driver Blower.....49
Tabel 3.3 Komponen Rangkaian Driver Heater.....50
Tabel 3.4 Variabel dan semesta pembicaraan Input dan Output 52
Tabel 3.5 Fuzzyfikasi input Suhu.....52
Tabel 3.6 Fuzzyfikasi input Kelembaban.....53
Tabel 3.7 Fuzzyfikasi Output Heater 54
Tabel 3.8 Fuzzyfikasi Output Blower input 54
Tabel 3.9 Fuzzyfikasi Output Blower Output 55
Tabel 3.10 Basis Aturan.....56
Tabel 4.1. Tabel pengukuran suhu ruang pengering terhadap setpoint 40° C.....61
Tabel 4.2. Tabel pengukuran suhu ruang pengering terhadap setpoint 50° C.....61
Tabel 4.3. Tabel pengukuran suhu ruang pengering terhadap setpoint 60° C.....62
Tabel 4.4. Tabel perbandingan pengukuran sensor SHT 11 menggunakan alat pembanding 67
Tabel 4.5. Tabel pengukuran berat tepung jagung sesudah pengeringan (500 gram) 68
Tabel 4.6. Tabel pengukuran berat tepung singkong sesudah pengeringan (1000 gram) 68
Tabel 4.7 *Rule Input Error* Suhu = 60 dan Kelembaban 10 80
Tabel 4.8. Tabel pengukuran nilai error sensor SHT 11 dan alat pembanding.....92
Tabel 4.9 Tabel Pengukuran Kadar Air basis basah Tepung Singkong 500 gram.93
Tabel 4.10 Tabel Pengukuran Kadar Air basis kering Tepung Singkong 500 gram 94
Tabel 4.11. Tabel Pengukuran Kadar Air basis basah Tepung Singkong 1000 gram.....95
Tabel 4.12. Tabel Pengukuran Kadar Air basis kering Tepung Singkong 1000 gram.....96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Fuzzy Controller 17

Gambar 2.2 Struktur sistem inferensi fuzzy 18

Gambar 2.3 komposisi aturan fuzzy : Metode Max 22

Gambar 2.4 Proses Defuzzyfikasi.....23

Gambar 2.5 Konfigurasi pin ATmega 328 29

Gambar 2.6 Board Arduino Uno 32

Gambar 2.7 Software IDE Arduino 33

Gambar 2.7 Rangkaian Sensor SHT11 36

Gambar 2.8 Glass Heater 37

Gambar 2.9 Motor dc brushed KHG-02 Toshiba 39

Gambar 3.1 proses perancangan dan penelitian pengembangan 40

Gambar 3.2 Diagram alur Penelitian 42

Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem Pengering.....44

Gambar 3.4 Diagram Blok Sistem Perancangan Perangkat Keras 45

Gambar 3.5 Desain Alat Pengering Tepung 46

Gambar 3.5 Rangkaian Mikrokontroller Arduino Uno ATmega 328 47

Gambar 3.6 Rangkaian pengontrol sensor SHT11 48

Gambar 3.7 Rangkaian Driver Blower 49

Gambar 3.8 Rangkaian Driver Heater 50

Gambar 3.9 Rangkaian Display LCDI2C 51

Gambar 3.10 Fuzzyfikasi input Suhu 53

Gambar 3.11 Fuzzyfikasi input Kelembaban 53

Gambar 3.12 Fuzzyfikasi output Heater 54

Gambar 3.13 Fuzzyfikasi output Blower Input 55

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Gambar 3.14 Fuzzyfikasi output Blower Output.....55

Gambar 4.1 Perancangan *Fuzzy Inference System* 70

Gambar 4.2 Perancangan *Membership input* suhu 71

Gambar 4.3 Perancangan *Membership input* kelembaban 72

Gambar 4.4 Perancangan Membership output heater.....73

Gambar 4.5 Perancangan *Membership output* blower_1 74

Gambar 4.6 Perancangan *Membership output* blower_2.....75

Gambar 4.7 Perancangan *Rule Base*.....76

Gambar 4.8 *Rule Viewer* rancangan sistem 77

Gambar 4.9 Tampilan 3D Permukaan Pengeringan 78

Gambar 4.10 Daerah Input Variabel Error Suhu = 10 79

Gambar 4.11 Daerah Input Variabel Kelembaban = 60 79

Gambar 4.12 Daerah Implikasi Variabel Suhu.....80

Gambar 4.13 Daerah Implikasi Variabel Kelembaban 80

Gambar 4.14. Daerah hasil komposisi heater. 84

Gambar 4.15. Daerah hasil komposisi Blower 1. 85

Gambar 4.16. Daerah hasil komposisi Blower 2. 87

Gambar 4.17. Grafik pengukuran suhu dan kelembaban ruang pada setpoint 40^{0}C 88

Gambar 4.18. Grafik pengukuran suhu dan kelembaban ruang pada setpoint 50°C 89

Gambar 4.19. Grafik pengukuran suhu dan kelembaban ruang pada setpoint 60°C 90

Gambar 4.20. Grafik tingkat error pengukuran suhu dan kelembaban ruang. 91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Surat Keputusan Dosen Pembimbing Skripsi …… .121

Lampiran 2: Surat Ijin Penelitian ……...122

Lampiran 3 Rangkaian Alat Mesin Pengering Tepung …….123

Lampiran 4: Listing Program Mesin Pengering Tepung.....……..124

Lampiran 5: Dokumentasi……..150

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan kemajuan dibidang teknologi industri terutama pada bidang elektronika serta kebutuhan untuk menciptakan alat-alat untuk memenuhi kebutuhan produksi, telah diciptakan berbagai alat untuk membantu kebutuhan manusia untuk memenuhi kebutuhan produksi. Dalam dunia industry khusuhnya bidang elektronika sendiri telah banyak dikembangkan alat untuk membantu kebutuhan manusia, salah satunya adalah pada bidang otomasi alat elektronika, salah satu contohnya adalah alat pengering tepung jagung.

Tepung jagung merupakan butiran-butiran halus yang berasal dari jagung kering yang dihancurkan. Pengolahan jagung menjadi bentuk tepung lebih dianjurkan dibanding produk setengah jadi lainnya, karena tepung lebih tahan disimpan, mudah dicampur, dapat diperkaya dengan zat gizi (fortifikasi), dan lebih praktis serta mudah digunakan untuk proses pengolahan lanjutan. Jagung kuning maupun putih dapat diolah menjadi tepung jagung. Perbedaan produk hanya terletak pada warna tepung yang dihasilkan. Biasanya tepung digunakan untuk keperluan penelitian rumah tangga dan bahan baku industri. Tepung bisa berasal dari bahan nabati misalnya tepung terigu dari gandum, tapioca dari singkong, maizena dari jagung atau hewani misalnya tepung tulang dan tepung ikan. Tepung singkong dapat digunakan sebagai bahan baku berbagai jenis makanan, seperti mie

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

kue kering, hingga makanan semi basah. Harga tepung singkong dipasaran lumayan tinggi karena bisa mencapai Rp4.300 per kg. Dibandingkan dengan harga tepung terigu diatas Rp7.000 per kg tepung singkong juga lebih murah. Selain itu proses pengolahan tepung singkong ini juga ramah lingkungan.

Sangat banyak kandungan gizi dan kalori yang ada di singkong yang sangat bermanfaat untuk tubuh manusia antara lainnya adalah energy, karbohidrat, protein, mineral, lemak, zat besi, kalsium, fosfor, vitamin B, vitamin C, dan air. Khatir, dkk (2011: 1), Proses pengeringan tepung selama ini dilakukan oleh masyarakat adalah dengan cara masih tradisional yaitu dengan penjemuran dibawah sinar matahari, namun cara penjemuran ini mempunyai kekurangan yaitu harus adanya sinar matahari, temperature dan kelembaban yang tidak dapat dikontrol dan dikendalikan. Pengeringan dengan menggunakan alat pengering dapat membantu dan meningkatkan mutu produk tepung agar menjadi lebih berkualitas.

Atas dasar fenomena di atas maka perbaikan terhadap teknologi pengeringan tepung sangat diperlukan, seiring dengan semakin meningkatnya jumlah kebutuhan tepung jagung. Pengeringan secara penjemuran tidak dapat mengimbangi tingkat kebutuhan masyarakat.

Maka penelitian terhadap pengeringan tepung jagung menggunakan alat pengering tipe tabung dengan energi panas yg dihasilkan oleh heater dilakukan untuk meningkatkan produksi pengeringan tepung jagung. Diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas tepung jagung dibandingkan dengan cara tradisional.

Untuk menjaga kualitas tepung dari gangguan bakteri karena kondisi tepung yang setengah basah atau belum kering sepenuhnya pengeringan adalah solusi untuk menjaga kualitas tepung agar lebih baik. Pada proses pengeringan, suhu dan kelembaban adalah faktor utama untuk menentukan keberhasilan pada proses pengeringan tepung.

Penelitian ini merancang mesin pengering tepung dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic* dengan menggunakan sensor suhu dan kelembaban dan diakses melalui mikrokontroler Arduino uno atmega 328 dikarenakan memiliki pin input dan output sebanyak 14 dan 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM yang dapat mendukung kerja blower dan heater. Metode logika fuzzy merupakan metode yang mempresentasikan nilai linguistik dari sebuah variabel. Misalkan nilai muda, parobaya, tua, yang mewakili variabel umur. Selain itu logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat. Dalam penelitian ini control *fuzzy logic* juga difungsikan untuk mengontrol suhu dan kelembaban pada tabung pengering tepung.

Buchori ,Luqman ,dkk (2013), variabel yang cocok dan sesuai dengan standar SNI untuk makanan kering (14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering antara 40°C dan 50°C.

Kastanja, Ariance Y (2007), Kadar air awal jagung adalah 25 persen merupakan kadar air yang diperoleh setelah panen dan merupakan kadar air sebelum perlakuan. Biji jagung dengan kadar air demikian tidak dapat disimpan karena dapat menurunkan mutu, mudah diserang oleh hama, cepat membusuk dan ditumbuhi cendawan. Untuk menurunkan kadar air awal tersebut dilakukan

pengeringan hingga mencapai kadar air yang ditentukan. Hal yang paling penting diperhatikan adalah pengeringan tidak boleh terlambat karena akan menyebabkan perubahan kecoklatan dan berkembangnya jamur yang menyebabkan warna kurang cerah. Kelemahan penjemuran dengan matahari adalah memerlukan lahan yang luas, dan seringkali cuaca kurang mendukung sehingga panas tidak optimal.

1.2. Identifikasi Masalah

- Diperlukan suatu sistem pengeringan tepung jagung yang dapat dikontrol suhu dan kelembaban.
- Diperlukan sistem pengontrolan suhu dan kelembaban untuk proses pengeringan tepung jagung pada suhu yang stabil sebagai kebutuhan pengeringan pada suhu $\pm 55^0$ C.

1.3. Pembatasan Masalah

Untuk menghindari permasalahan yang terlalu meluas dan menyimpang dari tujuan maka perlu adanya pembatasan masalah. Diantaranya :

1. Tepung yang digunakan tepung jagung dalam kondisi basah.
2. Pengontrolan suhu yang dirancang pada mesin pengering 40^0C sampai dengan 60^0C.
3. Menggunakan SHT 11 sebagai sensor suhu dan kelembaban.
4. Sistem kontrol *fuzzy logic* hanya untuk pengontrolan suhu dan kelembaban.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang alat pengering tepung jagung yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban pada mesin pengering tepung jagung?
2. Bagaimana menerapkan metode *fuzzy logic* pada pengontrolan suhu dan kelembaban pada sistem mesin pengering tepung jagung ?

1.5. Tujuan

1. Merancang sebuah alat pengering tepung jagung yang dapat dikontrol suhu dan kelembaban sebagai kebutuhan pengeringan tepung jagung.
2. Menerapkan metode *fuzzy logic* dalam sistem pengontrolan pengering tepung jagung.

1.6. Manfaat

1. Penelitian ini diharapkan dapat membantu untuk memaksimalkan produksi tepung jagung dan meningkatkan kualitas tepung.
2. Penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan pengolahan dari bahan dasar tepung jagung.

1.7. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini menggunakan sistematika skripsi yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi berisi halaman judul, halaman pengesahan, halaman pernyataan, halaman motto dan persembahan, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar table, daftar gambar dan daftar lampiran.

2. Bagian isi skripsi

Bagian isi terdiri dari lima bab yaitu :

BAB I Pendahuluan, membahas latar belakang masalah, identifikasi masalah, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat, sistematika penulisan.

BAB II Kajian Pustaka dan Landasan Teori, berisi kajian pustaka dan teori-teori yang mendukung penelitian.

BAB III Metode Penelitian, berisi tentang waktu dan tempat penelitian, desain penelitian, teknik pengumpulan data kalibrasi instrumentasi dan teknik analisa data.

BAB IV Hasil Penelitian dan pembahasan, berisi tentang deskripsi data analisis data dan pembahasan.

BAB V Penutup, berisi kesimpulan dan saran.

3. Bagian akhir skripsi

Bagian akhir terdiri dari daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1.Kajian Pustaka

Teori *fuzzy logic* merupakan teori metodologi system control pemecahan masalah. *Fuzzy logic* telah banyak digunakan untuk penelitian, diantaranya adalah oleh Abdul Hamid (2015) dalam penelitiannya yang berjudul *Rancang Bangun Mesin Pengering Jamur Kuping dengan Menggunakan Metode Fuzzy Logic*. Dari penelitian ini data yang diperoleh adalah waktu yang ditempuh untuk mengeringkan jamur kuping dengan menggunakan mesin pengering adalah ± 5 jam, lebih cepat ± 2 jam dibandingkan dengan pengeringan menggunakan matahari. Dan hasil dari proses pengeringan jamur kuping yang paling baik adalah dalam suhu 40°C karena jamur kuping kering yang diolah kembali memiliki tingkat kekenyalan yang nyaris sama seperti ketika jamur kuping masih basah.

Penelitian Setiyo Wahyono (2015), Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Dengan judul Pengendalian Suhu dan Humidity pada Alat Pengering Seledri menggunakan Kontrol *Fuzzy Logic*. Dari penelitian ini hasil yang didapat dari penelitian meliputi *error* suhu pada percobaan pertama -18,5 dan kelembaban 6,63 memberikan *output* 225 pada *heater* dan 20,1 pada kipas. Pada percobaan kedua untuk *error* suhu -8,66 dan kelembaban 24,7 memberikan dampak output 99,9 pada *heater* dan 60 pada kipas dan pada uji coba ketiga untuk *error* suhu -4,04 dan kelembaban 41,6 memberikan dampak *output* 100 pada *heater* dan 100 pada kipas. Berdasarkan hasil tersebut nilai *output* pada *heater* yang berupa sinyal PWM dipengaruhi oleh besarnya input *error* suhu.

Penelitian Siti Romlah (2010), Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Dengan judul Rancang bangun ruang pengering MOCAL menggunakan AVR Atmega16 berbasis *fuzzy logic controller*. Pada penelitian ini digunakan AVR Atmega16 sebagai pengendali serta dua buah sensor yaitu sensor kelembaban SHT11 dan sensor LM35. Desain penelitian alat ini yaitu sensor kelembaban SHT11 dan sensor suhu LM35 terhubung dengan AVR Atmega16 untuk kemudian data pengukuran yang dihasilkan diolah dan ditampilkan pada LCD. Berdasarkan dari hasil penelitian dapat disimpulkan system ini mampu mengeringkan MOCAL secara optimum, waktu pengeringan terbaik yaitu selama 2 jam dengan tingkat penurunan kadar air sebesar 40%. Suhu maksimum yang diperbolehkan pada ruang pengering MOCAL yaitu 60%C. dengan penerapan *fuzzy logic controller*, didapatkan *range output* yang lebih luas, yaitu sangat kering, cukup kering dan kering lamanya waktu pengeringan dapat diatur berdasarkan *range output* tersebut.

Luqman Buchori (2013) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro dengan judul Upaya Peningkatan Mutu dan Efisiensi Proses Pengeringan Jagung dengan Mixed-Adsorption Dryer. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi jagung-zeolite dan suhu terhadap kecepatan pengeringan dan kandungan protein dan lemak di dalam jagung. Dan menghasilkan data penelitian variabel yang cocok dan sesuai dengan standar SNI untuk makanan kering (14%) adalah variabel dengan menggunakan suhu udara pengering antara 40°C dan 50°C.

Penelitian Kastanja, Ariance Y (2007), Politeknik Padamara dengan judul Identifikasi Kadar Air Biji Jagung dan Tingkat Kerusakannya Pada Tempat Penyimpanan. Penelitian ini menghasilkan data Kadar air awal jagung adalah 25 persen merupakan kadar air yang diperoleh setelah panen dan merupakan kadar air sebelum perlakuan. Biji jagung dengan kadar air demikian tidak dapat disimpan karena dapat menurunkan mutu, mudah diserang oleh hama, cepat membusuk dan ditumbuhi cendawan

Penelitian Ratna (2011), Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh dengan judul Pengaruh Kadar Air Biji Jagung dan Laju Pengumpanan Terhadap Mutu Tepung Jagung Menggunakan Alat Penggiling Tipe Disk Mill. Diperoleh hasil bahwa kadar air berpengaruh sangat nyata terhadap kapasitas giling, rendemen, temperatur dan kadar air tepung jagung. Laju pengumpanan berpengaruh sangat nyata terhadap kapasitas giling dan temperatur. Kadar air tepung jagung terjadi peningkatan pada perlakuan kadar air biji jagung 8% sedangkan untuk perlakuan kadar air biji jagung 13% dan 16% kadar air tepung mengalami penurunan. Temperatur jagung mengalami peningkatan setelah proses penggilingan. Rendemen tertinggi sebesar 82,96% dan kapasitas giling tertinggi sebesar 16,51 kg/jam.

Penelitian Diswandi Nurba,dkk (2016), Jurusan Teknik Mesin dan Biosistem, Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian dengan judul Analisis Sebaran Kadar Air Jagung Selama Proses Pengeringan dalam In-Store Dryer (ISD).

Penelitian Rita Khatir, dkk (2011), Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dengan judul Karakteristik Pengeringan Tepung Beras Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pengeringan tepung beras pada kedalaman 1,5 cm adalah 66 ° C, Yang lebih tinggi dari pada pengeringan tepung beras pada kedalaman 1 cm (60,5 ° C). Karena itu, Kelembaban relatif di ruang pengeringan pada kedalaman 1,5 cm adalah 35%, yang lebih rendah dari pada pada Kedalaman 1 cm (61,8%). Namun, tingkat pengeringan pada kedalaman 1,5 cm lebih rendah dari pada tingkat pengeringan pada Kedalaman 1 cm.

Dari beberapa penelitian tersebut masih banyak yang harus dikembangkan penelitian mesin pengering dengan menggunakan teori *fuzzy logic*. Oleh karena itu, peneliti akan melakukan penelitian tentang pembuatan mesin pngering tepung dengan menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Pada penelitian ini diharapkan dapat mengatur suhu dengan stabil dan menghasilkan kekeringan tepung yang diinginkan.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Tepung Jagung

Jagung (*Zea mays* ssp. *mays*) adalah salah satu tanaman pangan penghasil karbohidrat yang terpenting di dunia, selain gandum dan padi. Jagung (Zea mays L.) merupakan salah satu komoditi pertanian yang termasuk ke dalam tanaman biji-bijian keluarga rumput-rumputan (Graminae). Diklasifikasikan kedalam divisi Angiospermae, kelas Monocotyledoneae, ordo Poales, famili Poaceae, dan Genus Zea (Wikipedia, 2016).

Bagi penduduk Amerika Tengah dan Selatan, bulir jagung adalah pangan pokok, sebagaimana bagi sebagian penduduk Afrika dan beberapa daerah di Indonesia. Pada masa kini, jagung juga sudah menjadi komponen penting pakan ternak. Penggunaan lainnya adalah sebagai sumber minyak pangan dan bahan dasar tepung maizena. Berbagai produk turunan hasil jagung menjadi bahan baku berbagai produk industri farmasi, kosmetika, dan kimia.

2.2.1.1. Kualitas Tepung

Tepung jagung merupakan butiran-butiran halus yang berasal dari jagung kering yang dihancurkan. Pengolahan jagung menjadi bentuk tepung lebih dianjurkan dibanding produk setengah jadi lainnya, karena tepung lebih tahan disimpan, mudah dicampur, dapat diperkaya dengan zat gizi (fortifikasi), dan lebih praktis serta mudah digunakan untuk proses pengolahan lanjutan. Jagung kuning maupun putih dapat diolah menjadi tepung jagung. Perbedaan produk hanya terletak pada warna tepung yang dihasilkan.

2.2.1.2.Klasifikasi dan Standart Mutu Tepung Jagung

Standar mutu tepung jagung di Indonesia tercantum dalam Standar Nasional Indonesia SNI 01-3451-1994. Klasifikasi dan standar mutu tepung jagung disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kriteria Mutu Tepung Jagung berdasarkan SNI

Kandungan Unsur Gizi	Satuan	Persyaratan
Bau	-	Normal
Rasa	-	Normal
Warna	-	Normal
Benda asing	-	Tidak boleh
Serangga	-	Tidak boleh
Pati lain selain jagu	-	Tidak boleh
Kehalusan		
Lolos 80 mesh	%	Minimum 70
Lolos 60 mesh	%	Maksimum 99
Air	% (b/b)	Maksimum 15
Abu	% (b/b)	Maksimum 0,60
Silikat	% (b/b)	Maksimum 0,10
Serat kasar	% (b/b)	Maksimum 1,50
Derajat asam	ml N NaOH/100 g	Maksimum 4
Timbal	mg/kg	Maksimum 1
Tembaga	mg/kg	Maksimum 10
Seng	mg/kg	Maksimum 40
Raksa	mg/kg	Maksimum 0,05
E.coli	APM/g	
Kapang	koloni/g	Maksimum 10

Sumber: Badan Standar Nasional (1994).

2.2.2. Kadar Air

Kadar air merupakan presentasi kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (web basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100%, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100%. Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan, yang dinyatakan dalam persen (%). Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur dan citarasa pada bahan pangan. Kadar air cenderung menurun dengan meningkatnya lama pengeringan, proses pengeringan sangat dipengaruhi oleh lama pengeringan. Pengeringan dengan menggunakan suhu yang tinggi dapat mengakibatkan pengeringan yang tidak merata, yaitu bagian luar kering sedangkan bagian dalam masih banyak mengandung air (Syarif dan Halid, 1993).

Tabrani (1997), menyatakan bahwa kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali "temperature"maka aktifitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan. Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam presentasi berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100 g bahan disebut berat kadar air basah. Kadar air ini basis basah dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$Kadar\ Air\ Basis\ Basah = \frac{berat\ basah - berat\ kering}{berat\ basah} x100\%$$

Cara lain untuk menyatakan kadar air adalah kadar air basis kering yaitu : air yang diuapkan dibagi berat bahan setelah pengeringan dikurangi berat bahan setelah pengeringan dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Kadar\ Air\ Basis\ Kering = \frac{berat\ basah - berat\ kering}{berat\ kering} x100\%$$

Berat bahan kering ialah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan.

Kandungan air dalam pangan dapat ditentukan dengan beberapa metode penetapan kadar air. Penentuan kadar air bahan perlu dilakukan untuk mengetahui jumlah air yang terdapat dalam bahan sehingga dapat ditentukan proses penanganan/pengolahan selanjutnya dan menentukan kualitas produk akhir serta digunakan untuk menentukan daya awet suatu bahan karena jumlah air dalam bahan pangan biasanya dapat menjadi tolak ukur bagi keberadaan mikroorganisme perusak bahan pangan khususnya pada aktifitas air bahan.

Metode penentuan kadar air bahan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu metode thermogravimetri, destilasi, khemis, dan fisis. Prinsip analisa penetapan kadar air secara thermogravimetri adalah pemanasan bahan pada titik didih air sehingga air akan menguap, lalu ditimbang berat sebelum dan sesudah pemanasan. Selisih berat bahan sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar air bahan. Prinsip analisis penetapan kadar air dengan metode thermovolumetri adalah menguapkan air dengan cairan kimia yang mempunyai titik didih lebih tinggi daripada air dan tidak dapat bercampur dengan air serta mempunyai berat jenis lebih

rendah daripada air sehingga air akan terpisah dan dapat diukur kadarnya. Kadar air *dry bulb* (db) adalah kadar air yang ditentukan pada saat suhu yaitu pada saat suhu diukur dengan pembacaan termometer biasa atau termometer yang bolanya dalam kondisi kering. Kadar air %db dapat dicari dengan rumus Ka % db = (b-c)/(c-a) x 100%. Kadar air % db menghitung jumlah air yang ada di dalam bahan dibandingkan terhadap berat bahan kering dan dikalikan 100% (mencari kadar air dalam kondisi bahan kering). Menurut Syarif dan Halid (1993), menyatakan bahwa Ada beberapa macam metoda kadar air, yakni :

a. Metoda pemanasan langsung
b. Metoda pengering vakum
c. Metoda karl fischer

Dalam penetapan kadar air pada sampel dilakukan metoda pemanasan langsung. Metoda pemanasan langsung digunakan untuk menetapkan kadar air dari zat yang tidak mudah rusak atau menguap pada suhu pemanasan 100^0 C – 105^0 C. Penetapan ini relatif sederhana dimana contoh yang telah ditimbang atau diketahui bobotnya dipanaskan dalam suatu pengering listrik pada suhu 100^0 – 105^0 C sampai bobot tetap. Selisih bobot contoh awal dengan bobot tetap yang telah dicapai setelah pengeringan adalah air yag telah menguap (Syarif dan Halid, 1993). Kadar air wet bulb (wb) adalah kadar air yang ditentukan pada saat suhu wet bulb yaitu ketika suhu campuran uap air-udara sebagaimana yang dinyatakan oleh pengukuran dengan termometer yang ”bulb-nya” diselimuti dengan lapisan tipis cair. Kadar air %wb dapat dicari dengan rumus Ka %wb= (b-c)/(b-a) x 100%. Kadar air % wb

menghitung jumlah air yang ada di dalam bahan dibandingkan terhadap berat bahan basah dan dikalikan 100% (mencari kadar air dalam kondisi bahan basah).

Kadar air panen rata-rata biji jagung adalah 30% namun bila daerah penanaman adalah daerah kering biasanya kadar air panen biji bisa mencapai 17%. Selanjutnya biji jagung dikeringkan untuk mengurangi kadar air bahan hingga mencapai kadar air kesetimbangan (Susila, 2010). Pernyataan yang sama juga dijelaskan oleh Mwithiga (2004) bahwa biji jagung biasanya dipanen pada kadar air 30% basis basah atau lebih rendah dan sebagian besar pengolahan akan berlangsung antara kadar air ini dan menuju kadar air kesetimbangan dengan kadar air 12% basis basah

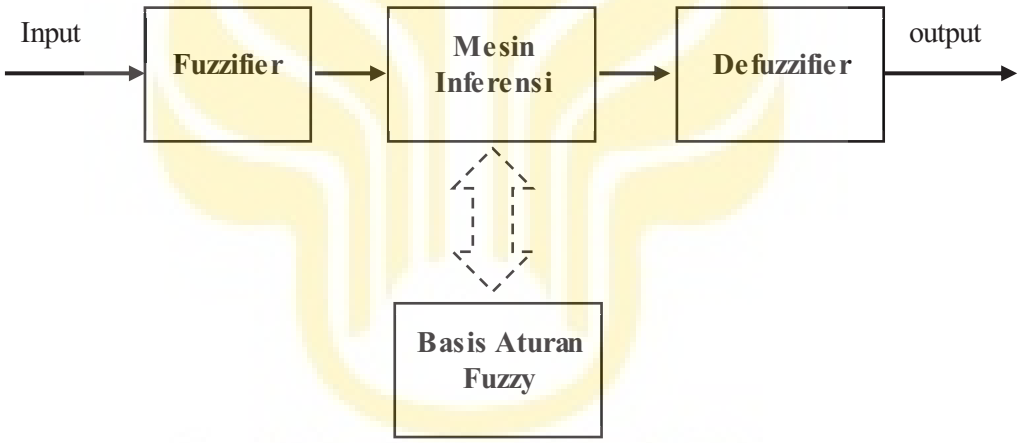
2.2.3. Fuzzy logic controller

Fuzzy logic controller (FLC) merupakan system fuzzy yang diaplikasikan secara khusus dalam bidang kendali. Sekarang ini telah banyak aplikasi yang menerapkan FLC mulai dari peralatan rumah tangga seperti kulkas, mesin cuci, penghisap debu, oven, penyejuk udara (AC). FLC banyak diaplikasikan pada system kendali karena sifatnya yang lebih humanis dibandingkan dengan system kendali klasik karena FLC merepresentasikan pengetahuan operator atau pakar dalam mengoperasikan atau mengendalikan plant/system yang akan dikendalikan.

System fuzzy ditemukan pertama kali oleh Prof. Lotfi Zadeh pada pertengahan tahun 1965. Teori ini merupakan perluasan teori himpunan tegas, didasarkan pada cara manusia mempresepsikan suatu nilai yang tidak pasti seperti mempresepsikan suhu dengan istilah panas atau dingin bukan dengan nilai

derajatnya. Sistem kendali fuzzy yang merupakan pengembangan dari teori fuzzy pada bidang kendali, pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani tahun 1974 yang merancang pada sistem kontrol pada mesin uap. (Ratna Wati, 2011: 3)

Variable input pada fuzzy controller umumnya berupa nilai selisih antara nilai referensi output dengan nilai output actual yang disebut nilai *error*. Sedangkan output fuzzy controller adalah perintah kendali yang diberikan ke aktuator atau penggerak. Struktur fuzzy controller sama dengan system fuzzy pada umumnya seperti digambarkan pada gambar 2.1

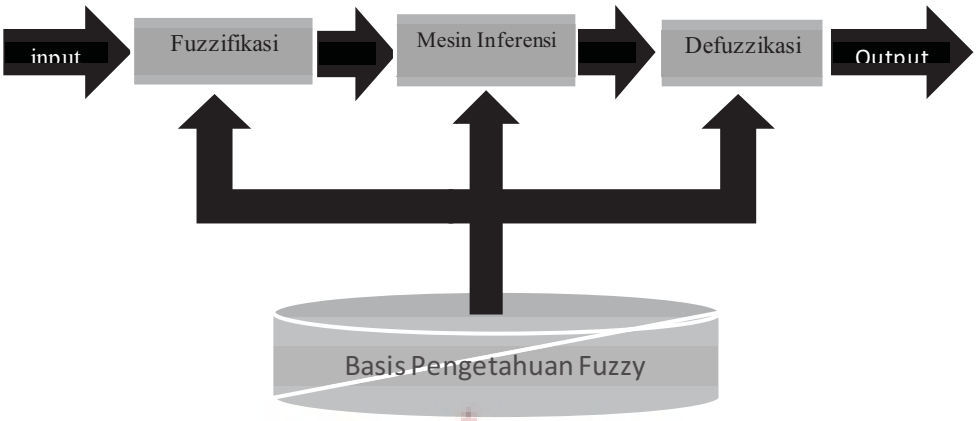


Gambar 2.1 Struktur Fuzzy Controller

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.2.4. Cara Kerja Logika Fuzzy

Untuk memahami cara kerja logika fuzzy, perhatikan struktur elemen dasar sistem inferensi berikut (Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Struktur sistem inferensi fuzzy

Keterangan :

a. Basis Pengetahuan Fuzzy : kumpulan rule-rule fuzzy dalam bentuk pernyataan IF…THEN.

b. Fuzzyfikasi : proses untuk mengubah input system yang mempunyai nilai tegas menjadi variable linguistic menggunakan fungsi keanggotaan yang disimpan dalam basis pengetahuan fuzzy.

c. Mesin inferensi : proses untuk mengubah input fuzzy menjadi output fuzzy dengan cara mengikuti aturan-aturan (*IF-THEN Rules*) yang telah diterapkan pada basis pengetahuan fuzzy.

d. DeFuzzyfikasi : mengubah output fuzzy yang diperoleh dari mesin inferensi menjadi nilai tegas menggunakan fungsi keanggotaan yang sesuai dengan saat dilakukan fuzzyfikasi.

Cara kerja logika Fuzzy meliputi beberapa tahapan berikut :

1. Fuzzyfikasi
2. Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy (Rule dalam bentuk IF…THEN)
3. Mesin inferensi (Fungsi implikasi Max-Min ata Dot-Product)
4. Defuzzyfikasi

   Banyak cara untuk melakukan defuzzyfikasi, diantaranya metode berikut.

   a. Metode rata-rata (*Average*)

$$\mathbf{z} = \frac{\sum \boldsymbol{\mu}_{\mathrm{i}}\, \boldsymbol{z}_{\mathrm{i}}}{\sum \boldsymbol{\mu}_{\mathrm{i}}}$$

   b. Metode titik tengah (*Center of area*)

$$\mathbf{z} = \frac{\int \boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{z})\boldsymbol{z}\boldsymbol{dz}}{\int \boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{z})\boldsymbol{dz}}$$

2.2.5. Tipe Fuzzy Logic Controller

Fuzzy Controller merupakan system fuzzy yang diaplikasikan sebagai system kendali. Variabel input pada *fuzzy controller* umumnya berupa nilai selisih antara nilai referensi output dengan nilai output actual yang disebut nilai error. Sedangkan output *fuzzy controller* sama dengan system fuzzy pada umumnya. Berdasarkan tipe konsekuen yang digunakan pada fuzzy rule-base, tipe *fuzzy controller* dibedakan menjadi dua, yaitu tipe Mamdani dan tipe Sugeno.

Fuzzy controller tipe Mamdani lebih tepat digunakan jika model *plant* tidak diketahui secara pasti, tetapi terdapat operator atau pakar yang mengetahui perilaku dan karakteristik system yang dikendalikan. Sedangkan tipe Sugeno lebih cocok digunakan pada kondisi tidak terdapat operator atau pakar, tetapi model

matematis plat diketahui. Tipe ini lebih tepat digunakan pada system linier. Tipe ini juga lebih dipilih pada sistem nonlinier dan kendali adaptif karena kemampuannya dalam hal beradaptasi dan mudah dianalisis secara matematis.

2.2.5.1.Metode Mamdani

Metode mamdani paling sering digunakan dalam aplikasi-aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi MIN-MAX atau MAX-PRODUCT. Untuk mendapatkan output, diperoleh 4 tahapan berikut.

1. Pembentukan himpunan fuzzy
2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)
3. Komposisi aturan
4. Penegasan (deffuzy)

2.2.5.1.1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada Metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2.2.5.1.2. Aplikasi fungsi implikasi

Pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

2.2.5.1.3. Komposisi Aturan

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri-dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu: max, additive dan probabilistik OR (probor).

a. Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan konstribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \max(\mu_{sf}[x_i],\ \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-i;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-i; Misalkan ada 3 aturan (proposisi) sebagai berikut:

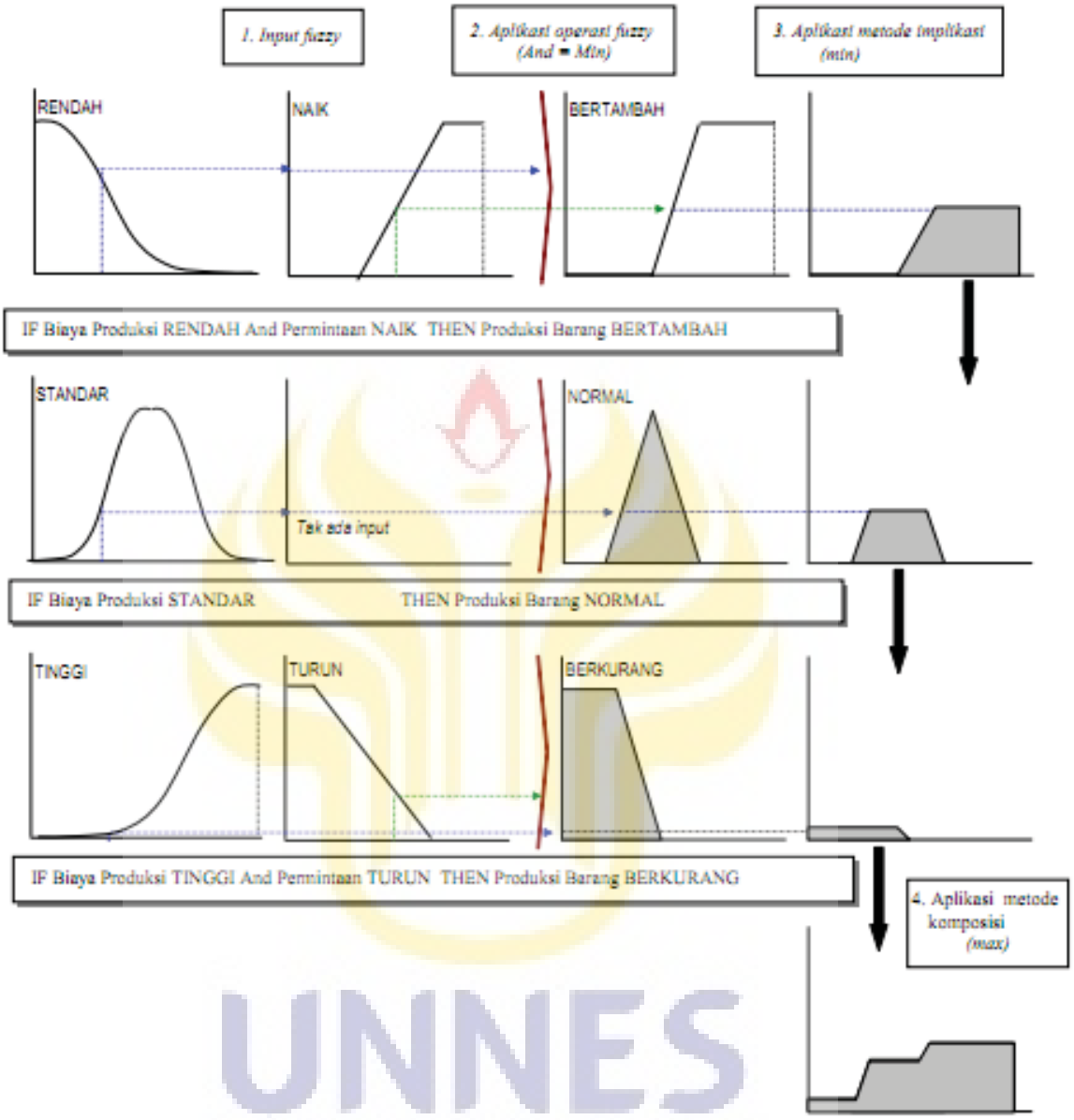
[R1] IF Biaya Produksi RENDAH And Permintaan NAIK THEN Produksi Barang BERTAMBAH;

[R2] IF Biaya Produksi STANDAR THEN Produksi Barang NORMAL;

[R3] IF Biaya Produksi TINGGI And Permintaan TURUN THEN Produksi Barang BERKURANG;

Proses inferensi dengan menggunakan metode Max dalam melakukan komposisi aturan seperti terlihat pada Gambar 2.3.

komposisi ini sering disebut dengan nama MAX-MIN atau MIN-MAX atau MAMDANI.



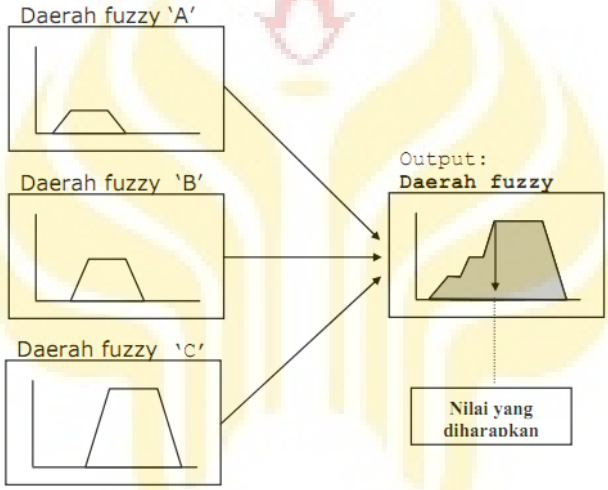
UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Sumber **:** Kecerdasan Buatan, 2011

Gambar 2.3 komposisi aturan fuzzy : Metode Max

2.2.5.1.4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crsip tertentu sebagai output seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses Defuzzyfikasi

Ada beberapa metode defuzzifikasi pada komposisi aturan MAMDANI, antara lain:

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.2.5.1.4.1. Metode Centroid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z*) daerah fuzzy. Secara umum dirumuskan:

$$z^* = \frac{\int_Z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz}$$

$$z^* = \frac{\sum_{j=1}^{n} z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^{n} \mu(z_j)}$$

2.2.5.1.4.2. Metode Bisektor

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain fuzzy yang memiliki nilai keanggotaan separo dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$z_p \quad \text{sedemikian hingga} \quad \int_{\Re 1}^{p} \mu(z)\, dz = \int_{p}^{\Re n} \mu(z)\, dz$$

2.2.5.1.4.3. Metode Mean of Maximum (MOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai rata-rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2.5.1.4.4. Metode Largest of Maximum (LOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2.5.1.4.5. Metode Smallest of Maximum (SOM)

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

2.2.5.2. Metode Sugeno

Bila output dari penalaran dengan metode mamdani berupa himpunan fuzzy, tidak demikian dengan metode Sugeno. Dalam metode Sugeno, output sistem berupa konstanta atau persamaan linier. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada 1985.

Secara umum bentuk model fuzzy Sugeno adalah :

IF(x_1 is A_1) □□●.....●(x_N is A_N) THEN $z = f(x,y)$

Catatan :

A_1, A_2, A_N, adalah himpunan fuzzy ke-i sebagai anteseden

$z = f(x,y)$ adalah fungsi tegas (biasanya merupakan fungsi linier dari x dan y)

Misalkan diketahui 2 buah rule berikut :

R1 : IF X is A1 AND Y is B1 THEN $z_1 = p_1x + q_1y + r_1$

R2 : IF X is A2 AND Y is B2 THEN $z_2 = p_2x + q_2y + r_2$

Dalam inferensinya, metode sugeno menggunakan tahapan berikut.

1. Fuzzyfikasi
2. Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy (Rule dalam bentuk IF…THEN)
3. Mesin inferensi

   Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α-predikat tiap-tiap rule (α1, α2, α3,….αn).

   Kemudian masing-masing nilai α-predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing rule (z1, z2, z3,….zn).

4. Defuzzyfikasi

Menggunakan metode rata-rata (*Average*)

$$\mathbf{z} = \frac{\sum \alpha_i \, \boldsymbol{z}_i}{\sum \alpha_i}$$

2.2.6. Sistem Kontrol

Kontrol berarti mengukur nilai dari variabel sistem yang dikontrol dan menerapkan variabel yang dimanipulasi ke sistem untuk mengoreksi dan membatasi penyimpangan nilai yang diukur dari nilai yang dikehendaki. (Ogatha, 1997: 2)

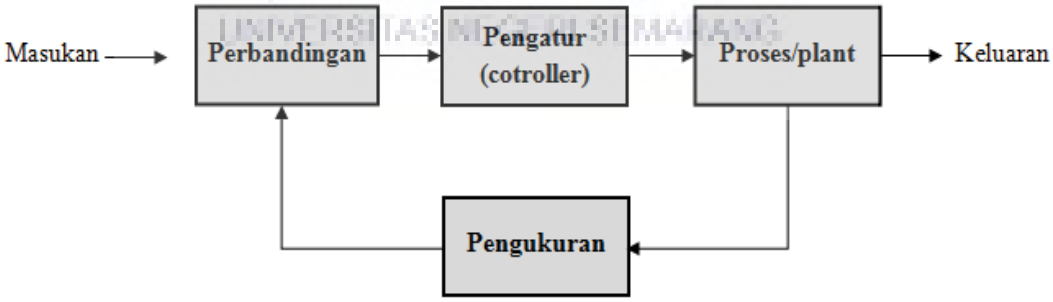
Sistem adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama dan melakukan suatu sasaran tertentu. Sistem tidak dibatasi hanya untuk sistem fisik saja. Konsep sistem dapat digunakan pada gejala yang abstrak dan dinamis seperti yang dijumpai dalam ekonomi. Oleh karena itu istilah sistem harus diinterpretasikan untuk menyatakan sistem fisik, biologi, ekonomi dan sebagainya. (Ogatha, 1997: 3)

Dasar sistem kontrol adalah sistem kontrol umpan balik dengan acuan masukan dan keluaran yang dikehendaki dapat konstan atau berubah secara perlahan dengan berjalannya waktu dan tugas utamanya adalah menjaga keluaran sebenarnya berada pada nilai yang dikehendaki dengan adanya gangguan.banyak contoh sistem pengaturan otomatis, beberapa diantaranya adalah sistem control suhu. (Ogatha, 1997: 3-4)

Sistem kendali lup terbuka atau umpan maju (*feedforward control*) umumnya mempergunakan pengatur (*controller*) serta aktuator kendali (*control actuator*) yang berguna untuk memperoleh respon sistem yang baik. Sistem kendali ini keluarannya tidak diperhitungkan ulang oleh *controller*. Suatu keadaan apakah *plant* benar-benar telah mencapai target seperti yang dikehendaki masukan atau referensi, tidak dapat mempengaruhi kinerja *controller*. (Ogatha, 1997: 5-6)

Gambar 2.5 Sistem pengendalian lup terbuka

Sistem kendali lup tertutup (*closed loop system*) memanfaatkan variabel yang sebanding dengan selisih respon yang terjadi terhadap respon yang diinginkan. Sistem seperti ini juga sering dikenal dengan sistem kendali umpan balik. Aplikasi sistem umpan balik banyak dipergunakan untuk sistem kemudi kapal laut dan pesawat terbang. Perangkat sehari-hari yang juga menerapkan sistem ini adalah penyetelan temperatur pada almari es, oven, tungku dan pemanas air. (Ogatha, 1997: 5-6)



Gambar 2.6 Sistem pengendalian lup tertutup

2.2.6.1. Mikrokontroller ATmega 328

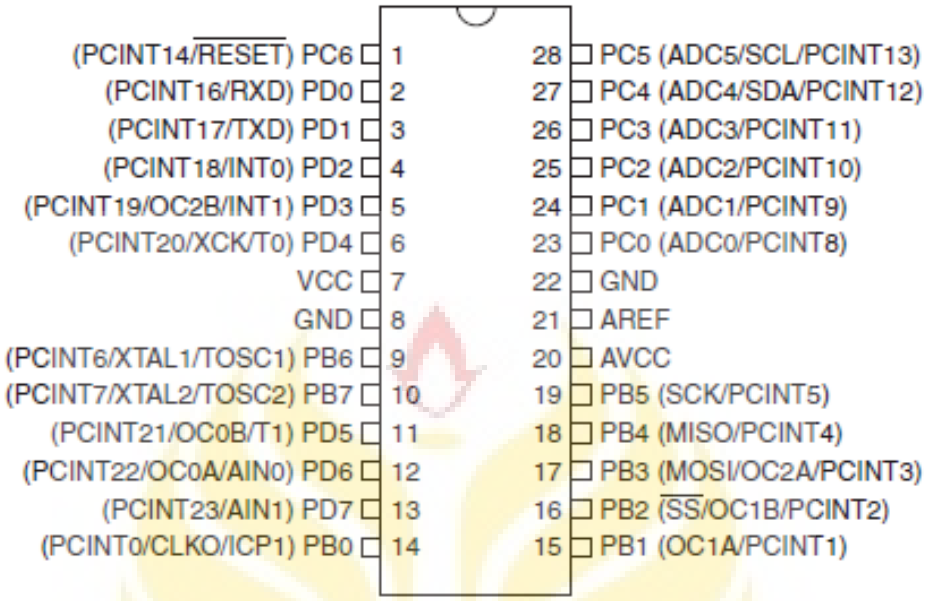
ATmega328 adalah mikrokontroller keluaran dari atmel yang mempunyai arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang dimana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*).

Mikrokontroller ini memiliki beberapa fitur antara lain :

a. 130 macam instruksi yang hamper semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
b. 32 x 8-bit register serba guna.
c. Kecepatan mencapai 16MIPS dengan clock 16 MHz.
d. 32 KB *Flash memory* dan pada Arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai *bootloader*.
e. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data meskipun catu daya dimatikan.
f. Memiliki SRAM (*Static Random Acces Memory*) sebesar 2 KB.
g. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
h. *Master / Slave* SPI Serial *interface*

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.2.6.2. Konfigurasi PIN ATmega 328



Gambar 2.7 Konfigurasi pin ATmega 328

2.2.6.2.1. Port B

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif sebagai barikut.

a. ICP1 (PB0), Berfungsi sebagai *Timer Counter* 1 *input capture* pin.

b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*pulse width modulation*).

c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.

d. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock* external untuk *timer*.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

e. XTAL1 (PB6) dan XTAL (PB7) merupakan sumber clock utama mikrokontroller.

2.2.6.2.2. Port C

Port C merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternative PORTC antara lain sebagai berikut.

a. ADC 6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital.
b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti pada LCD I2C.

2.2.6.2.3. Port D

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama sepeti *Port* B dan *Port* C, *Port* D juga memiliki fungsi memilki fingsi alternative dibawah ini.

a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data sinyal.
b. *Intertupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi

hardware/software maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.

c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *external clock.*

d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer* 1 dan *timer* 0.

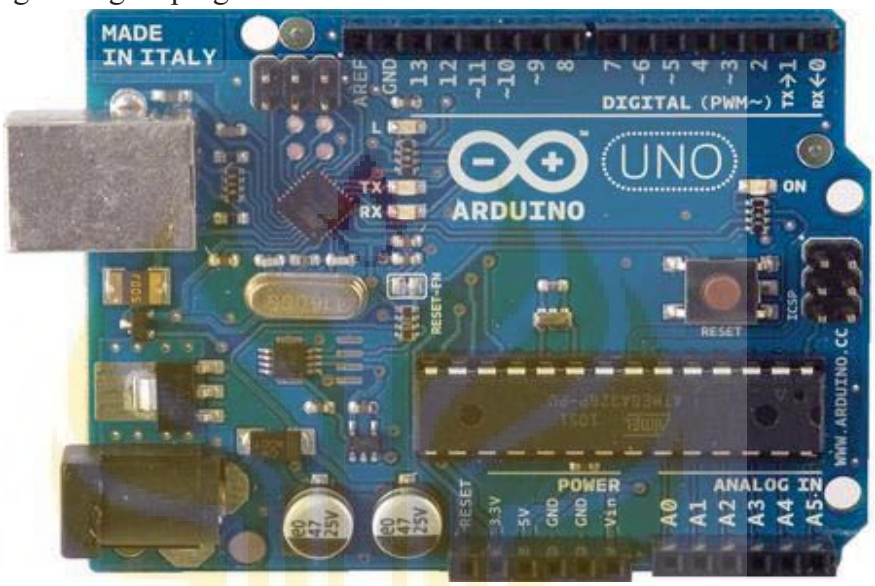
e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator.*

2.2.7. Arduino Uno

Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi Arduino adalah kombinasi dari hardware, Bahasa pemrograman dan *integrated development environment (IDE)* yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi code biner dan meng-*upload* kedalam *memory microcontroller.* Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan professional dengan menggunakan Arduino, selain banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak, dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino.

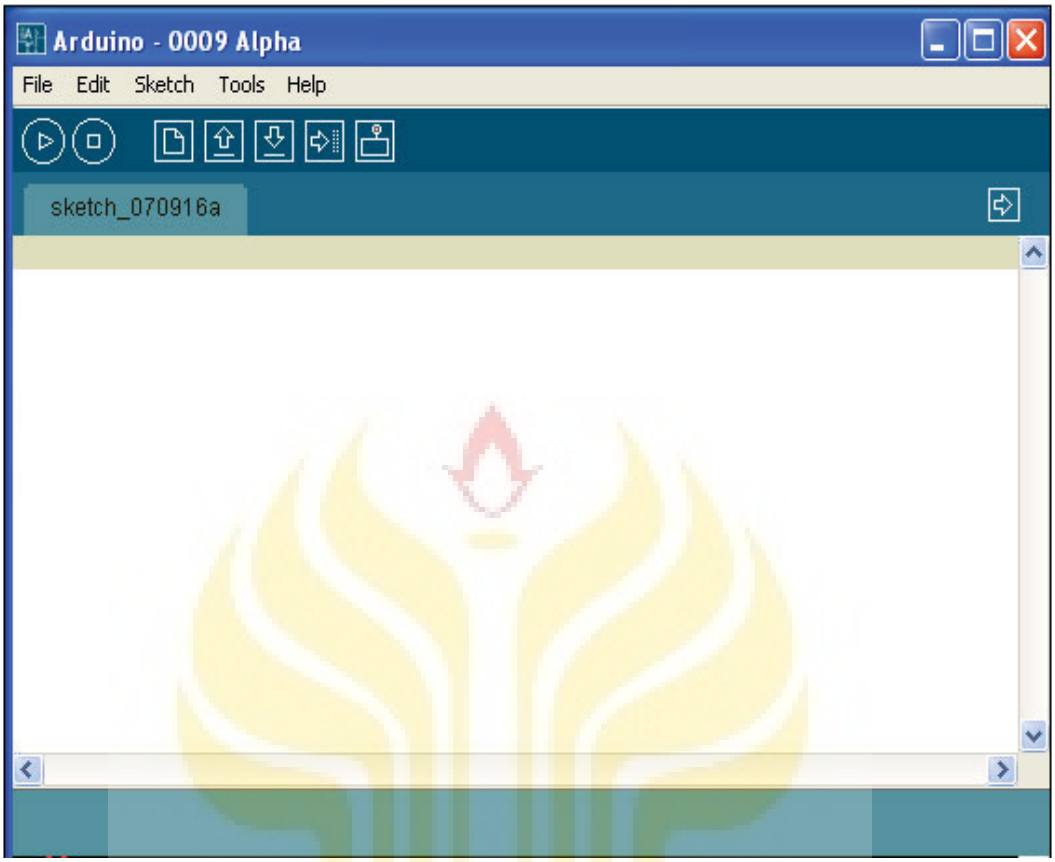
Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu :

1. Hardware : Papan input/output (I/O)
2. Software : Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan computer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program.



Gambar 2.8 Board Arduino Uno

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.9 Software IDE Arduino

Arduino merupakan sebuah board mikrokontroller yang berbasis ATmega328. Arduino uno memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan sbagai output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-*support* mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan computer menggunakan kabel USB.

Arduino memiliki kelebihan tersendiri disbanding board mikrokontroller yang lain, selain bersifat *open source,* Arduino juga mempunyai Bahasa pemrogramanya sendiri yang berupa bahasa C. selain itu dalam board Arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehinga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroller didalam Arduino. Sedangkan pada kebanyakan

board mikrokontroller yang lain masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroller. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial.

Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam *board* kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. Dengan kata lain pin analog 0-5 berfungsi juga sebagai pin output digital 14-16.

Pada alat pengering tepung menggunakan control *fuzzy logic* ini ATmega328 berfungsi sebagai otak atau komponen utama yang berfungsi sebagai pengolah data dari masukan sensor SHT11 dan tombol-tombol setpoint. Selanjutnya data hasil dari masukan sensor akan ditampilkan di LCD dan sebagai pengontrol heater sesuai dengan setpoint yang diinginkan. Proses pengolahan data dari ATmega328 membutuhkan membutuhkan board arduno untuk memudahkan kita dalam memasukkan *source code* yang harus ditulis secara manual sesuai dengan jenis perangkat (sensor-sensor dan LCD) yang digunakan menggunakan bantuan software Arduino IDE.

2.2.7.1.Sensor Suhu dan Kelembaban SHT11

2.2.7.1.1. Pengertian SHT11

SHT11 Adalah chip tunggal kelembaban relatif dan multi sensor suhu yang terdiri dari modul yang dikalibrasi keluaran digital. Pada pengukuran suhu data yang dihasilkan 14 bit sedangkan untuk kelembaban data yang dihasilkan 12 bit. Keluaran dari SHT11 adalah digital sehingga untuk mengaksesnya diperlukan pemrograman dan tidak diperlukan pengkondisi sinyal atau ADC.

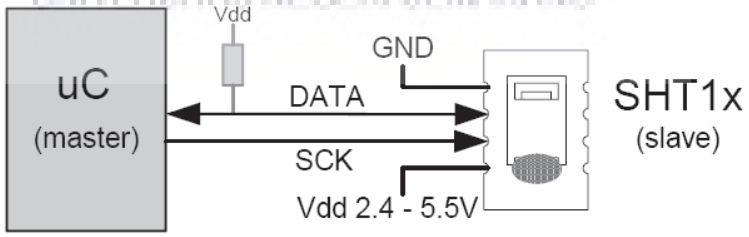
SHT11 membutuhkan supply tegangan 2.4 dan 5.5 V. SCK (*Serial Clock Input*) digunakan untuk memsingkronkan komunikasi antara mikrokontroller dengan SHT11. Data digunakan untuk *transfer* data dari dan ke SHT11. SHT11 dapat mengukur suhu dari -40° hingga +254,9°F dan kelembaban relative 0%RH hingga 1%RH. Selain itu SHT11 juga memiliki ketepatan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,5°C pada suhu 25°C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH.

2.2.7.1.1.1. Prinsip Kerja Sensor

SHT 11 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembaban relative dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Dibagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relative dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperature. *Output* kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah *interface serial* pada satu *chip* yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon SHT11 yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi dengan

kelembaban yang teliti menggunakan *hygrometer* sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam memori. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran.

Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah SHT11 dengan sumber tegangan 5 volt. System sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroller. Kaki *serial* Data yang terhubung dengan mikrokontroller memberikan perintah pengalamatan pada pin Data SHT11 "00000101" untuk mengukur kelembaban relative dan "00000011" untuk pengukuran temperature. SHT11 memberikan keluaran data kelembaban dan temperature pada pin Data secara bergantian sesuai dengan *clock* yang diberikan mikrokontroller agar sensor dapat bekerja. Sensor SHT11 memiliki ADC (*Analog To Digital Converter*) di dalamnya sehingga keluaran data SHT11 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroller. Skema pengambilan data SHT11 dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Sumber : *Datasheet* Sensor SHT11

Gambar 2.10 Rangkaian Sensor SHT11

Tabel 2.3 PIN connection SHT11

PIN	NAMA	KETERANGAN
1	DATA	Data serial
3	SCK	Serial clock, input
4	GND	Ground
8	VDD	Supply 2.4-5.5 v

2.2.7.1.2. Heater

Heater listrik dibagi dalam sistem langsung (direct) dan sistem tak langsung (indirect). System langsung mengindikasikan terjadinya konversi energi dari listrik menjadi panas tanpa perantara, seperti *heater* jenis konveksi (*Electric Fan Heater*) dan radiasi (*Lamp Heater*). System tak langsung seperti *Heat Pump* (kebalikan dari fungsi AC). Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat atupun pita bertahanan listrik tinggi, biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Panas yang terbentuk dipindahkan kelingkungan dengan cara konveksi menggunakan dorongan udara dari kipas (*fan*). Udara panas menyebar dan menciptakan kesetimbangan thermal keseluruh ruangan.

Gambar 2.11 Glass Heater

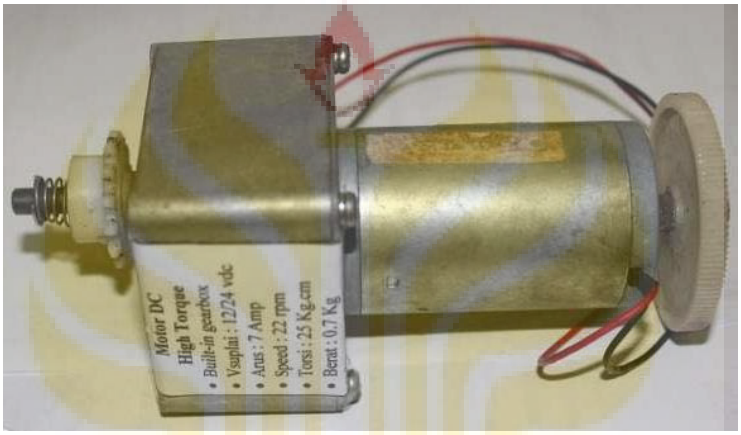
pada mesin pengering tepung ini menggunakan glass heater sebanyak 2 buah yang mempunyai daya sebesar masing-masing 100 watt. Proses pengontrolan heater menggunakan *driver* mosfet menggunakan sinyal *Pulse Width Modulation (PWM)* hasil keluaran dari mikrokontroller Atmega 328. Dari pembacaan sensor suhu SHT 11 pada ruangan menghasilkan sinyal PWM yang diolah menggunakan kontrol *fuzzy logic*. Lebar pulsa pada sinyal PWM mempengaruhi besar kecilnya tegangan pada heater, sehingga pemanasan heater dapat diatur sesuai kebutuhan.

2.2.7.1.3. Motor arus searah (motor DC)

Motor arus searah (motor DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis yang berupa putaran. Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Pada penelitian ini motor penggerak pengaduk yang digunakan adalah motor dc brushed KHG-02 Toshiba.

Motor dc brushed KHG-02 Toshiba dipilih karena memiliki spesifikasi yang cukup untuk digunakan pengaduk tepung pada mesin pengering ini. Motor dc brushed KHG-02 Toshiba membutuhkan tegangan 12-24 v dan arus yang kecil pada keadaan tanpa beban yaitu 0,85 Amp dan memiliki torsi yang cukup besar yaitu sebesar 25 kg.cm dan kecepatan putar motor 22 Rpm.

Pada mesin pengering tepung ini fungsi motor dc brushed KHG-02 Toshiba adalah sebagai penggerak pengaduk tepung yang berfungsi untuk meratakan tepung untuk mendapatkan panas yang rata pada heater. Saat proses pengeringan pengeduk akan berputar terus menerus sehingga pengeringan tepung akan merata dan menghasilkan pengeringan tepung yang sempurna.



Gambar 2.12 Motor dc brushed KHG-02 Toshiba

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem kendali *fuzzy logic* pada mikrokontroller Arduino dapat mengontrol heater dan dua buah blower dengan input suhu dan kelembaban.
2. Dengan mengendalikan input suhu dan kelembaban metode logika fuzzy dapat diterapkan pada mesin pengering tepung dengan baik dimana suhu dapat memenuhi set point dengan waktu yang relative cepat yaitu pada set point 40^0 dicapai dengan waktu 180 detik, set point 50^0 dicapai dalam waktu 423 detik, dan set point 60^0 679 detik.
3. Suhu yang diperlukan untuk mendapatkan hasil pengeringan tepung yang baik adalah pada suhu 50^0 karena pada suhu 50^0 selama 1 jam dengan tepung yang dikeringkan sebanyak 500 gram dan 1000 gram memenuhi syarat batas kadar air yang telah ditetapkan Badan standarisasi nasional sebesar 15%.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

5.2. Saran

Setelah melakukan penelitian disarankan perlu ada pengembangan lebih lanjut untuk mesin pengering tepung yang telah dibuat, maka penulis menyarankan sebagai berikut:

1. Untuk pengembangan kontrol fuzzy pada mesin pengering selanjutnya agar dapat menambah variable himpunan yang lebih banyak sehingga didapatkan hasil yang optimal.
2. Alat yang dibuat diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut oleh mahasiswa Universitas Negeri Semarang agar didapatkan alat yang lebih baik hasilnya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

DAFTAR PUSTAKA

Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Provinsi DIY *Data Kandungan Gizi Bahan Pangan dan Hasil Olahannya*.

Badan Standarisasi Nasional.2016. Badan standarisasi nasional : Tepung jagung, http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/4153. 16 juli 2016 (20.30).

Budiharto, Widodo. 2014. *Robotika Modern-Teori dan Implementasi (Edisi Revisi).* Yogyakarta: Andi.

Datasheet SHT1x *Humidity and temperature sensor.* Juli 2008. SENSIRION The sensor company.

Kumar Das, Yudhajit Das . 2013. Design of A Room Temperature And Humidity Controller Using Fuzzy Logic. American Journal of Engineering Research (AJER).

Prathyusha G, B.RamaMurthy. 2015. Automation Of Flexible Control Of Temperature Implementing Sofware Fuzzy With PID Control. International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE).

Ratna wati, Dwi Ana. 2011. *Fuzzy Logic Controller (FLC), Jaringan Syaraf Tiruan (JST), Algoritma Genetik (AG) dan Algoritma Partcle Swarm Optimization (PSO).* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Romlah, Siti. 2010. Rancang Bangun Ruang Pengering MOCAL Menggunakan AVR Atmega16 berbasis Fuzzy Logic Controller. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta.

Wahyono, Setiyo. 2015. Pengendalian suhu dan *humidity* pada alat pengering seledri menggunakan control *Fuzzy Logic*. *Skripsi.* Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Sutojo, T, dkk. 2011. *Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Andi; Semarang: UDINUS

Suprapti, M Lies. 2005. *Tepung Tapioka*. Yogyakarta: Kanisius.

Wikipedia.2016,Wikipedia: Jagung, https://id.wikipedia.org/wiki/Jagung. 16 juli 2016 (20.16).

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG