

**DAFTAR ISI**

LEMBAR PERSETUJUAN .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
ABSTRAK.....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	1
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Sistematika Pembahasan .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tungku Bakar Keramik.....	4
2.1.1 Tungku Bahan Bakar Gas .....	5
2.2 Jenis Tanah Untuk Keramik.....	7
2.3 Sensor Suhu <i>Resistive Temperature Detector</i> (RTD) PT100 .....	7
2.4 Motor Servo .....	9
2.5 Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	12
2.5.1 Struktur Dasar Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	13
2.5.2 Fungsi Keanggotaan .....	13

2.5.3 Kontroler Logika <i>Fuzzy</i> .....	15
2.5.3.1 Fuzzifikasi .....	15
2.5.3.2 Kaidah Aturan <i>Fuzzy (Fuzzy Rule)</i> .....	16
2.5.3.3 Metode Inferensi MIN-MAX .....	16
2.5.3.4 Metode Defuzzifikasi <i>Center of Gravity (COG)</i> .....	17
2.6 <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i> .....	18
2.7 Arduino Uno .....	18
2.7.1 Daya .....	19
2.7.2 Memori .....	20
2.7.3 Input dan Output .....	20
2.7.4 Komunikasi .....	21
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat .....	22
3.2 Perancangan Sistem .....	22
3.3 Realisasi Pembuatan Sistem.....	23
3.3.1 Perangkat Keras .....	23
3.3.2 Perangkat Lunak .....	23
3.4 Pengujian Alat.....	23
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	23
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
4.1 Perancangan Sistem .....	24
4.2 Blok Diagram Sistem.....	25
4.3 Prinsip Kerja Alat .....	25
4.4 Perancangan Perangkat Keras (hardware) .....	26

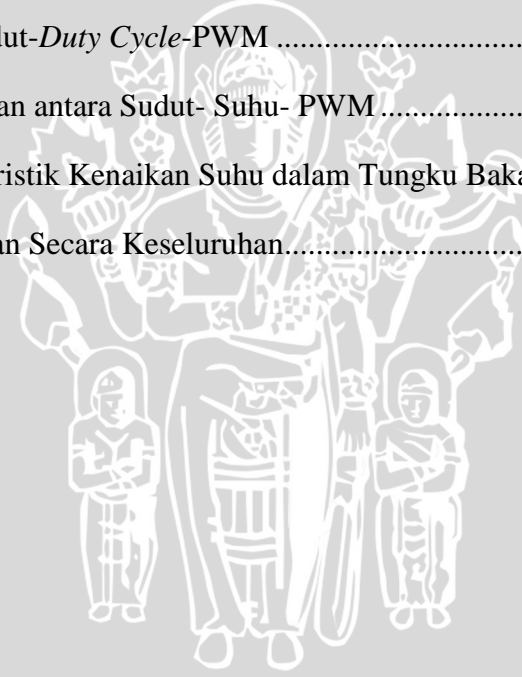
4.4.1 Spesifikasi Alat .....	26
4.4.2 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu <i>Resistive Temperature Detector (RTD)PT10</i> .....	28
4.4.2.1 PT100 dan Rangkaian Jembatan <i>Wheastone</i> .....	28
4.4.2.2 Penguat Instrumentasi dan Rangkaian <i>Low Pass</i> filter .....	29
4.4.2.3 ADC 10 bit dan Perhitungan Keseluruhan Rangkaian Penkondisi Sinyal Sensor Suhu .....	31
4.4.3 Motor Servo.....	32
4.4.4 Modul Arduino Uno Rev.3.....	33
4.5 Perancangan Sistem Kontrol Logika <i>Fuzzy</i> .....	35
4.5.1 Variabel Masukan dan Keluaran .....	35
4.5.2 Fungsi Keanggotaan Masukan .....	35
4.5.3 Fungsi Keanggotaan Keluaran .....	38
4.5.4 Perancangan Aturan <i>Fuzzy</i> .....	41
4.5.5 Metode Inferensi MIN-MAX .....	41
4.5.6 Defuzzifikasi .....	45
4.6 Perancangan Perangkat Lunak (software) .....	47
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM</b>	
5.1 Pengujian Sensor Suhu (PT100).....	48
5.1.1 Peralatan yang digunakan.....	48
5.1.2 Prosedur Pengujian.....	48
5.1.3 Hasil Pengujian .....	49
5.2 Pengujian Sinyal Kontrol Motor Servo.....	53
5.2.1 Peralatan yang Digunakan.....	53

5.2.2	Prosedur Pengujian.....	53
5.2.3	Hasil Pengujian .....	54
5.3	Pengujian Kenaikan Suhu terhadap Pembukaan <i>Valve Burner</i> .....	61
5.3.1	Peralatan yang digunakan.....	61
5.3.2	Pengujian Satu <i>Set Point</i> .....	61
5.3.3	Pengujian Dengan <i>Set Point</i> Berbeda.....	61
5.4	Pengujian Karakteristik Tungku .....	63
5.4.1	Peralatan yang digunakan.....	63
5.4.2	Prosedur Pengujian.....	63
5.4.3	Hasil Pengujian .....	63
5.5	Pengujian Sistem Keseluruhan .....	64
5.5.1	Peralatan yang digunakan.....	64
BAB VI PENUTUP		
6.1	Kesimpulan .....	67
6.2	Saran .....	67
DAFTAR PUSTAKA .....		68
LAMPIRAN.....		69
FOTO ALAT		
<i>LISTING PROGRAM</i>		
<i>DATA SHEET</i>		



**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Uno Rev-3 .....	35
Tabel 4.2 Aturan <i>Fuzzy</i> .....	41
Tabel 4.3 Set Point dan Keluaran yang Dihasilkan .....	41
Tabel 5.1 Hasil Perbandingan Nilai Pembacaan Suhu Secara Teori dan Praktek .....	69
Tabel 5.2 Pengambilan Data Resistansi Sebanyak 10 kali .....	71
Tabel 5.3 Tabel Perhitungan Rumus Untuk Uji-t .....	72
Tabel 5.4 Hubungan Sudut- <i>Duty Cycle</i> -PWM .....	73
Tabel 5.5 Tabel Hubungan antara Sudut- Suhu- PWM .....	75
Tabel 5.6 Tabel Karakteristik Kenaikan Suhu dalam Tungku Bakar .....	76
Tabel 5.7 Tabel Pengujian Secara Keseluruhan.....	90



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Trayek Pembakaran..... 4

Gambar 2.2 Tungku Bahan Bakar Gas ..... 5

Gambar 2.3 Rangkaian Dasat Sensor Suhu PT100..... 8

Gambar 2.4 Sensor Suhu PT100..... 9

Gambar 2.5 Motor Servo ..... 10

Gambar 2.6 Jalur Kabel Motor Servo..... 10

Gambar 2.7 Konfigurasi Pin Pengkabelan Motor Servo..... 11

Gambar 2.8 Pengaturan Sudut Motor Servo ..... 11

Gambar 2.9 Pengndali Fuzzy ..... 13

Gambar 2.10 Fungsi keanggotaan Bentuk Triangular ..... 14

Gambar 2.11 Fungsi Keanggotaan Bentuk Trapesium ..... 14

Gambar 2.12 Ilustrasi *Fuzzy* dengan Metode Min-Max ..... 17

Gambar 2.13 Sinyal PWM Secara Umum ..... 18

Gambar 2.14 Tampak Depan Arduino Uno ..... 19

Gambar 4.1 Garfik Pembakaran dalam Sakala Perbandingan1:4..... 24

Gambar 4.2 Blok Diagram Sistem..... 25

Gambar 4.3 Perancangan Tungku Bakar ..... 27

Gambar 4.4 Tungku Bakar..... 27

Gambar 4.5 Skematik PT100 dalam Rangkaian Jembatan Wheatstone ..... 28

Gambar 4.6 Rancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor Suhu  
PT100..... 30

Gambar 4.7 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor Suhu PT100 ..... 30

Gambar 4.8 Rancangan Pemasangan Servo pada *Valve Burner*..... 33

Gambar 4.9 Pemasangan Servo pada *Valve Burner* ..... 33

Gambar 4.10 Konfigurasi Kaki I/O Arduino Uno Rev3 ..... 34

Gambar 4.11 Arduino Uno Rev3 ..... 34

Gambar 4.12 Fungsi Keanggotaan Masukan Error Saat Set Point=125 dan Saat Set Point=300 ..... 36

Gambar 4.13 Fungsi Keanggotaan Masukan Error Saat Set Point Ramp 30-125 dan Saat Set Point Ramp 125-300 ..... 36

Gambar 4.14 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error Saat Set Point Ramp  $\leq 50$  ..... 37

Gambar 4.15 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error Saat Set Point Ramp  $\leq 50$  Sampai  $\leq 125$  ..... 37

Gambar 4.16 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error Saat Set Point=125 dan Set Point=300 ..... 37

Gambar 4.17 Fungsi Keanggotaan Masukan Delta Error Saat Set Point Ramp  $> 125$  Sampai Set Point Ramp  $< 300$  ..... 37

Gambar 4.18 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point Ramp  $\leq 50$  ..... 38

Gambar 4.19 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point Ramp  $> 50$  Sampai  $\leq 75$  ..... 38

Gambar 4.20 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point Ramp  $> 75$  Sampai  $\leq 100$  ..... 39

Gambar 4.21 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point Ramp  $> 100$  Sampai  $\leq 125$  ..... 39

Gambar 4.22 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point=125 ..... 39

Gambar 4.23 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>125 Sampai <=150 .....	39
Gambar 4.24 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>150 Sampai <=175 .....	39
Gambar 4.25 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>175 Sampai <=200 .....	40
Gambar 4.26 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>200 Sampai <=225 .....	40
Gambar 4.27 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>225 Sampai <=250 .....	40
Gambar 4.28 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>250 Sampai <=275 .....	40
Gambar 4.29 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point	
Ramp>275 Sampai <=300 .....	40
Gambar 4.30 Fungsi Keanggotaan Keluaran Servo Saat Set Point=300 .....	41
Gambar 4.31 Inferensi Min-Max saat Sampel ke-386.....	42
Gambar 4.32 Inferensi Min-Max saat Sampel ke-387.....	43
Gambar 4.33 Inferensi Min-Max saat Sampel ke-388.....	43
Gambar 4.34 Inferensi Min-Max saat Sampel ke-389.....	44
Gambar 4.35 Inferensi Min-Max saat Sampel ke-390.....	44
Gambar 4.36 <i>Flowchart</i> Perangkat Program .....	47
Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian sensor Suhu PT100.....	49
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan nilai Pembacaan Suhu Secara Praktek dan Teori .....	49



Gambar 5.3 Grafik untuk Menarik Kesimpulan pada Uji-t ..... 52

Gambar 5.4 Rangkaian Pengujian Sinyal Kontrol Servo..... 53

Gambar 5.5 Grafik PWM terhadap Sudut ..... 54

Gambar 5.6 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 0° ..... 54

Gambar 5.7 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 0° ..... 55

Gambar 5.8 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 30° ..... 55

Gambar 5.9 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 30° ..... 55

Gambar 5.10 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 45° ..... 56

Gambar 5.11 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 45° ..... 56

Gambar 5.12 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 60° ..... 56

Gambar 5.13 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 60° ..... 57

Gambar 5.14 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 90° ..... 57

Gambar 5.15 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 90° ..... 57

Gambar 5.16 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 120° ..... 58

Gambar 5.17 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 120° ..... 58

Gambar 5.18 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 135° ..... 58

Gambar 5.19 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 135° ..... 59

Gambar 5.20 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 150° ..... 59

Gambar 5.21 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 150° ..... 59

Gambar 5.22 Sinyal Kontrol Servo pada Sudut 180° ..... 60

Gambar 5.23 Parameter Sinyal Kontrol Motor Servo pada Sudut 180° ..... 60

Gambar 5.24 Grafik Sudut terhadap PWM..... 62

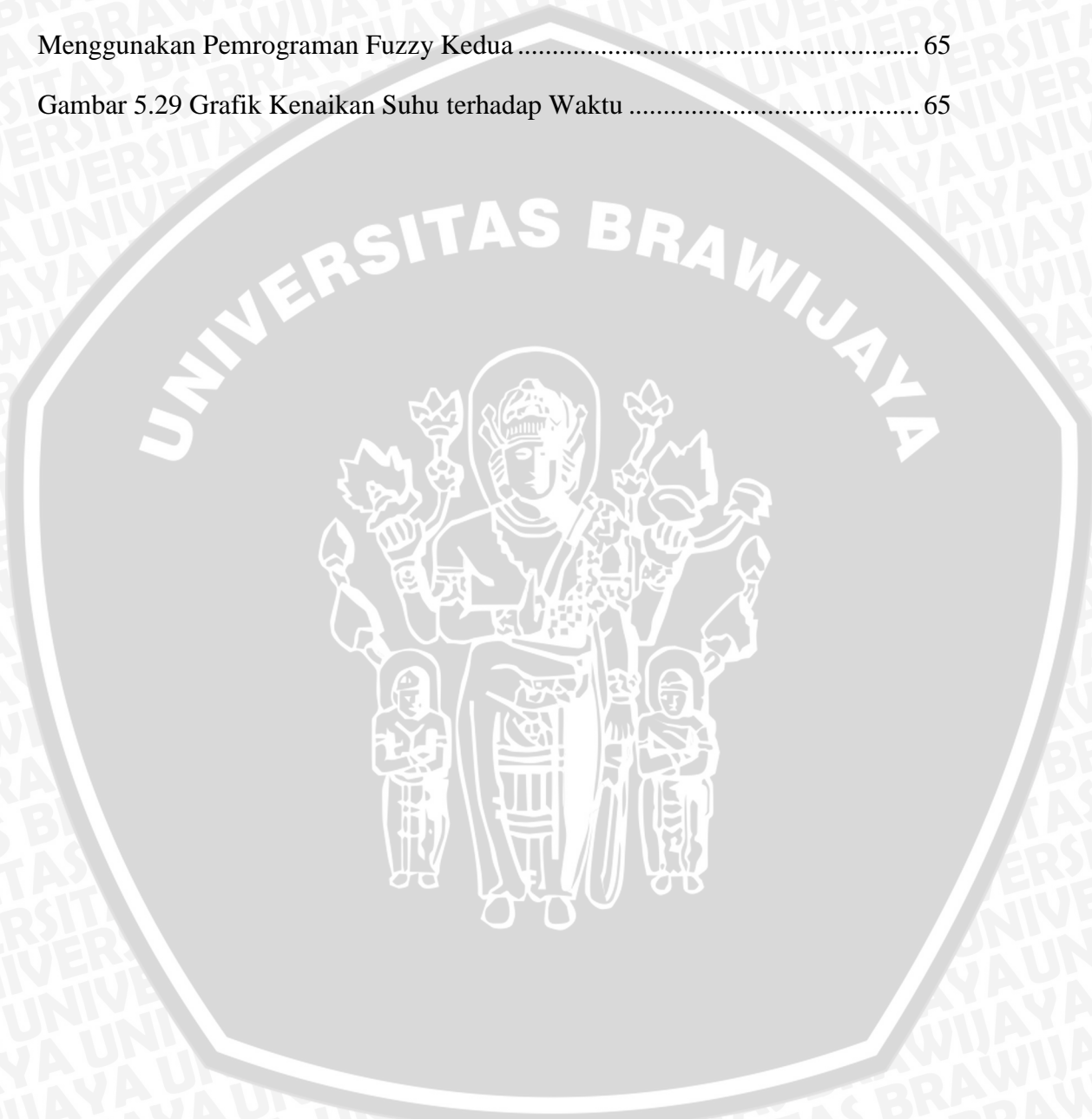
Gambar 5.25 Grafik Sudut terhadap Suhu ..... 62

Gambar 5.26 Grafik Karakteristik Kenaikan Suhu dalam Tungku Bakar ..... 63

Gambar 5.27 Grafik Pengujian Kenaikan Suhu terhadap Waktu  
Menggunakan Pemrograman Fuzzy Pertama ..... 64

Gambar 5.28 Grafik Pengujian Kenaikan Suhu terhadap Waktu  
Menggunakan Pemrograman Fuzzy Kedua ..... 65

Gambar 5.29 Grafik Kenaikan Suhu terhadap Waktu ..... 65



## ABSTRAK

**Achmad Rochman Putra**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2013, Sistem Pengendalian Suhu Pada Tungku Bakar Menggunakan Kontrol Logika *Fuzzy*, Dosen Pembimbing: Erni Yudaningtyas, Ir., MT.,Dr., Goegoes Dwi Nusantoro, ST.,MT.

Pengontrolan suhu pada tungku bakar menggunakan valve yang diputar secara manual dengan melihat warna api. Hal tersebut memiliki tingkat kesalahan yang besar. Digunakan Kontrol logika Fuzzy untuk mengurangi kesalahan, sehingga suhu dapat mengikuti suhu yang diinginkan. Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengontrolan suhu pada tungku bakar menggunakan kontrol logika fuzzy dengan skala perbandingan suhu dan waktu 1:4.

Hasil pengujian seluruh sistem menggunakan kontroler logika *fuzzy* dengan metode pada fuzzifikasi adalah metode min-max sedangkan pada defuzzifikasi menggunakan metode *center of gravity* (COG), menggunakan 5 *membership function* pada error dan delta error. Input *fuzzy* berupa nilai suhu sebagai error dan membandingkan nilai suhu sekarang dan sebelumnya sebagai delta error. Jumlah *rule* yang dipergunakan berjumlah 25 buah *rule*.

Sedangkan error secara keseluruhan sistem = 1.201615 % . Hasil ini menunjukkan bahwa dengan kontroler logika *fuzzy* dapat mengontrol kenaikan suhu yang ada di dalam tungku bakar.

**Kata kunci** : Kontrol Logika Fuzzy, Tungku Bakar, Sistem Pengontrolan Suhu.