

Sistem Pengendalian Suhu Pada Tungku Bakar Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

Achmad Rochman Putra, Erni Yudaningtyas, Goegoes Dwi N.

Abstrak– 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 mmengurangi kesalahan, sehingga suhu dapat mengikuti suhu yang diinginkan.

Hasil pengujian menggunakan kontroler logika fuzzy dengan metode fuzzifikasi adalah metode min-max sedangkan pada defuzzifikasi menggunakan metode center of gravity (COG). Respon yang dihasilkan adalah presentase error pada detik 0-4500 = 1.652408%, error pada detik 4500-5400 = -0.01049%, error pada detik 5400-8640 = 1.051091%, error pada detik 8640-9000 = -0.11519%, sedangkan error secara keseluruhan sistem = 1.201615 % .

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

I. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan memberikan dampak positif pada perkembangan dunia elektronik khususnya pada bidang sistem kontrol. Pada saat ini banyak teknologi yang sudah menggunakan alat kontrol otomatis. Hal tersebut disebabkan karena keinginan manusia untuk memenuhi kebutuhan dan mendapatkan fasilitas akan kemudahan dan efisiensi dalam berbagai bidang. Aplikasi teknik elektro khususnya pada bidang sistem kontrol dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari untuk menciptakan kemudahan dan fasilitas bagi manusia. Salah satunya adalah aplikasi teknik elektro yang diterapkan pada pembuatan tungku bakar berbahan bakar gas.

Pada saat ini, masih banyak tungku bakar berbahan bakar gas yang dikendalikan secara manual. Misalnya pada *valve* tungku bakar yang masih diputar secara manual dengan melihat warna api pada *burner*. Hal ini

Jurnal ini dibuat untuk memenuhi syarat seminar hasil Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Achmad Rochman P. adalah Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0857-5554-5015; email tama0910633025@gmail.com)

Ir. Erni Yudaningtyas, MT., Phd. adalah Dosen Pembimbing I Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0812-3390-449; email erni_yudaningtyas@yahoo.co.id).

Goegoes Dwi N., ST., MT., . adalah Dosen Pembimbing I Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (corresponding author provide phone 0813-2819-9511; email nisways@yahoo.com).

tentunya memiliki resiko yang cukup tinggi, karena tungku yang dikendalikan secara manual memiliki tingkat kesalahan yang besar dibandingkan dengan tungku bakar yang dikendalikan secara otomatis. Sehubungan dengan banyaknya tungku bakar berbahan bakar gas yang dioperasikan secara manual, kami ingin memberikan suatu inovasi dengan merancang suatu tungku bakar berbahan bakar gas yang dapat dikendalikan secara otomatis. Pada penelitian ini, diharapkan dapat merancang suatu sistem pengendalian suhu pada tungku bakar otomatis yang disesuaikan dengan trayek kenaikan suhu pada proses pembakaran keramik.

Dengan mempertimbangkan keterbatasan waktu perancangan, pengujian serta keterbatasan suhu, maka hasil yang ingin kami capai adalah pengaturan suhu yang disesuaikan dengan trayek kenaikan suhu pada tungku bakar keramik yang diskalakan lebih kecil.

Achmad Rochman Putra

Mahasiswa Teknik Elektro

Universitas Brawijaya

Jl. Bandulan Gang VI blok K3 no 25-26 Malang
65146 Indonesia

Phone: +62 857 5554 5015

E-mail: tama0910633025@gmail.com

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tungku Bakar

Spesifikasi alat yang dirancang adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Tungku Bakar

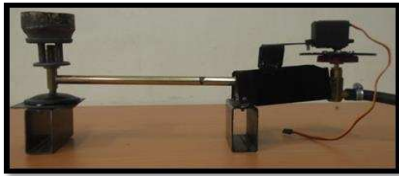
Miniatur tungku bakar dengan ukuran

- Tinggi : 50 cm
- Lebar : 49 cm
- Panjang : 48.5 cm
- Bahan : Plat besi dengan tebal 1.5 mm
- Volume ruang : 31311.36 cm³
- Dinding bagian dalam : Bata tahan api dengan tebal antara (8.5-9.1) cm

B. Motor DC Servo

Motor servo yang digunakan adalah *Grand Wing Servo* (GWS) servo S04 BBM. Motor servo

berfungsi untuk memutar *valve burner*. Cara kerja dari motor servo ini yaitu dengan mengatur sudut pembukaan *valve* agar sesuai dengan perintah kontroler. Gambar perancangan pemasangan motor servo pada *valve burner* dapat dilihat dalam gambar 2.[1]

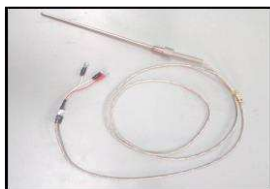


Gambar 2 Pemasangan Servo pada Valve Burner

Motor servo dipasang di atas *valve burner* dengan tujuan sudut yang dibentuk oleh motor servo sama dengan sudut yang dibentuk oleh *valve burner*.

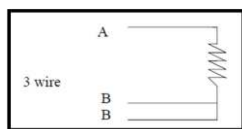
C. Sensor Suhu Resistive Temperature Detector (RTD) PT100

PT100 terbuat dari logam platinum. Oleh karenanya namanya diawali dengan ‘PT’. Disebut PT100 karena sensor ini dikalibrasi pada suhu 0°C pada nilai resistansi 100 ohm.



Gambar 3 Sensor Suhu PT100

RTD PT100 merupakan resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah sesuai dengan kenaikan suhu. Kabel RTD PT100 berjumlah 3 buah yang terdiri dari 2 jenis yaitu, A dan B. Kabel B memiliki dua cabang yang memiliki fungsi sama, karena ujungnya dipararel seperti dalam Gambar 4.[2]



Gambar 4 Rangkaian Dasar Sensor Suhu PT100

D. Kontrol logika Fuzzy

Fuzzy secara harfiah berarti samar, sedangkan kebalikannya dalam hal ini adalah *Crisp* yang secara harfiah berarti tegas. Dalam kehidupan sehari-hari nilai samar lebih akrab daripada nilai tegas. Temperatur tertentu biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, atau sangat dingin daripada dinyatakan dalam nilai terukur tertentu.

Tahun 1965 L.A. Zadeh memodifikasi teori himpunan yang disebut himpunan kabur (*fuzzy Set*). Himpunan *fuzzy* di dasarkan pada gagasan untuk memperluas jangkauan fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut akan mencakup bilangan real pada interval [0,1]. Nilai keanggotaannya menunjukkan bahwa suatu nilai dalam semesta pembicaraan tidak hanya berada pada 0 atau 1, namun juga nilai yang terletak diantaranya. Dengan kata

lain nilai kebenaran suatu hal tidak hanya bernilai benar atau salah. Nilai 0 menunjukkan salah, nilai 1 menunjukkan benar dan masih ada nilai-nilai yang terletak diantaranya.

Sejak tahun 1982 pengendalian berbasis logika *fuzzy* mengalami perkembangan pesat, terutama dalam hubungannya dengan penyelesaian masalah kendali yang bersifat tak linier, sulit dimodelkan, berubah karakteristiknya terhadap waktu (*time varying*) dan kompleks [3].

E. Arduino

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.

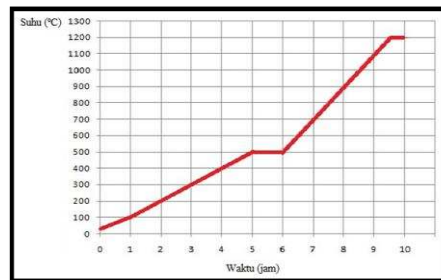
Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur Atmega8U2 yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.[4]



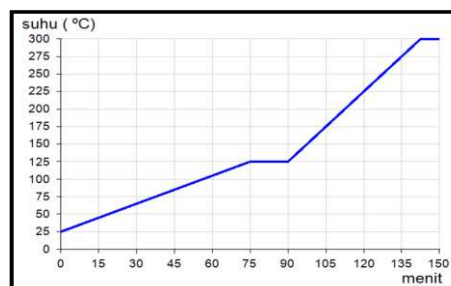
Gambar 5 Tampak depan Arduino Uno

III. PERANCANGAN ALAT

Dalam Gambar 6 merupakan trayek pembakaran yang sebenarnya pada tungku bakar keramik. merancang alat berupa miniatur pada proses pembakaran keramik dengan memperkecil skala dimana perbandingan skala tersebut yaitu 1:4 dengan skala asli. Trayek dengan skala perbandingan tersebut dapat dilihat dalam Gambar 7 berikut.



Gambar 6 Trayek Pembakaran



Gambar 7 Grafik Pembakaran dalam Skala Perbandingan 1:4

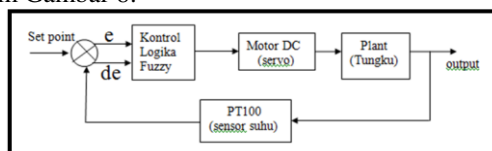
A. Perancangan Sistem

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri dari dua bagian, yaitu perancangan dan pembuatan perangkat keras serta perancangan dan pembuatan perangkat lunak. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan secara bertahap untuk memudahkan analisis sistem. Beberapa aspek yang perlu dijelaskan dalam bab ini meliputi:

1. Perancangan perangkat keras (mekanik tungku bakar, rangkaian penkondisi sinyal sensor suhu PT100, motor servo sebagai pemutar valve).
2. Perancangan perangkat lunak (perancangan algoritma kontrol logika fuzzy pada *software arduino ERW 1.0.5*).

B. Diagram Blok Sistem

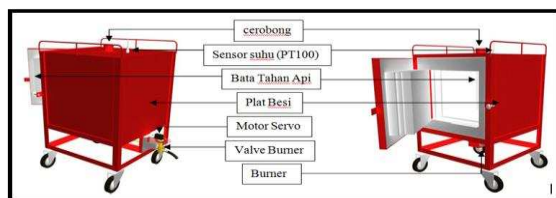
Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8 Blok Diagram Sistem

C. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Tungku bakar terdiri dari 2 jenis material, yaitu plat besi dan bata tahan api. Plat besi digunakan sebagai rangka luar, sedangkan bata tahan api berada pada bagian dalam yang berfungsi sebagai penahan panas agar tidak tembus dan bocor keluar. Berikut perancangannya dalam Gambar 9.



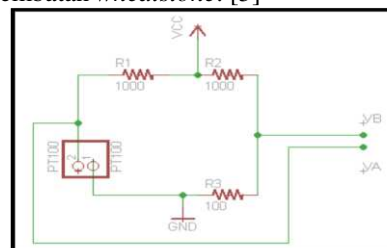
Gambar 9 Perancangan Tungku Bakar

D. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu Resistive Temperature Detector (RTD) PT100

Untuk menghubungkan arduino dengan RTD PT100 diperlukan sebuah rangkaian pengkondisi sinyal yang mampu menghasilkan sinyal keluaran yang berupa tegangan. Hal ini dikarenakan hanya tegangan dengan range 0 – 5 volt yang dapat dibaca *input* arduino. Rangkaian pengkondisi sinyal terdiri dari rangkaian jembatan wheatstone yang mengubah keluaran dari PT100 menjadi tegangan, karena tegangan yang dikeluarkan rangkaian jembatan *wheatstone* terlalu kecil maka diperlukan rangkaian op-amp yang menggunakan AD620 sebagai penguat tegangan. Pemasangan *Low-Pass Filter* yang berfungsi untuk mengurangi *noise* dari PT100. Berikut adalah gambar rangkaian (RPS) Rangkaian Pengkondisi Sinyal.

E. PT 100 dan Rangkaian Jembatan Wheatstone

PT 100 adalah sensor suhu yang mengindera perubahan suhu dengan cara mengubah pula besar resistansinya sesuai dengan Persamaan (1). Karena itu dibutuhkan suatu rangkaian untuk mengubah besar resistansi PT 100 ke dalam suatu tegangan tertentu. Hal ini dilakukan agar perubahan suhu yang dideteksi oleh PT 100 dapat dideteksi pada perubahan level tegangan. Rangkaian yang dibutuhkan PT 100 tersebut adalah rangkaian jembatan *wheatstone*. [5]



Gambar 10 Skematik PT 100 pada Rangkaian Jembatan Wheatstone

Sesuai dengan datasheet diketahui dua karakteristik PT 100 yaitu persamaan perubahan resistansi PT 100 terhadap perubahan suhu:

$$R_{pt} = 100 + (0.385 * \text{suhu}) \quad (1)$$

Selain itu PT 100 mampu mengukur suhu dari 0 °C hingga 400 °C. Namun, untuk sistem yang kami buat ini, hanya menggunakan *range* antara 0 °C hingga 300 °C. Dari kedua keadaan batas tersebut didapatkan *range* resistansi PT 100 adalah 100 ohm hingga 215,5 ohm.

Berdasarkan perhitungan pembagian tegangan pada jembatan *wheatstone* didapatkan nilai VB selalu tetap yaitu 0.45 V dan nilai maksimal VA yaitu 0.886 V maka didapatkan *range* ΔV yaitu VA dikurangi VB adalah 0 – 0.436466.

Dalam perancangan ini juga digunakan system dimana suhu dijaga agar tidak melebihi batas tertentu. Apabila nilai suhu melebihi kondisi batas atas maka pendingin akan dijalankan hingga suhu kembali ke keadaan batas bawah.

F. Penguat Instrumentasi dan Rangkaian Low Pass Filter

perubahan resistansi pada PT 100 dapat diubah menjadi perubahan tegangan pada *range* 0 - 0.436 V, maka dibutuhkan suatu rangkaian kembali yang dapat mengubah besar level tegangan 0 - 0.436 V menjadi 0 - 4.9551 V. Hal ini disebabkan karena ADC bertegangan referensi 5V menerima *range* tegangan yaitu sebesar 0 – 4.9551 V. Rangkaian tersebut adalah rangkaian penguat instrumentasi.

Rangkaian penguat instrumentasi adalah rangkaian penguat diferensial yang ditambahkan *buffer* untuk memperbesar impedansi penguat dimana hal ini adalah salah satu syarat sebuah penguat dapat dikatakan baik. Persamaan penguat instrumentasi ditunjukkan dalam Persamaan (3.2).

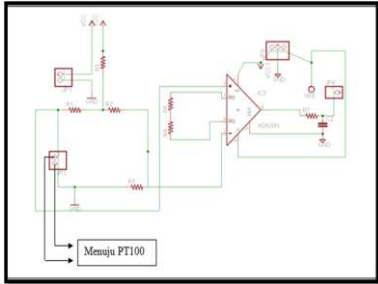
$$V_o = \text{Penguatan} * (V_+ - V_-) \quad (2)$$

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1 \quad (3)$$

Persamaan (3) adalah persamaan penguat instrumentasi AD 620 yang digunakan dalam perancangan ini. Dari perhitungan nilai Rg didapatkan hasil yaitu $R_g = 4766.082 \Omega$. Resistansi tersebut kemudian dibulatkan menjadi 4700Ω menyesuaikan dengan nilai yang terdapat pada pasaran.

Keluaran penguat instrumentasi kemudian dimasukkan pada rangkaian *low pass filter* untuk meredam *noise*. Rangkaian *low pass filter* dibuat dengan komponen pasif yaitu R dan C yang masing – masing bernilai 1000 ohm dan 220 nF agar dapat meredam frekuensi diatas 723.7985 Hz.

Rangkaian keseluruhan pengondisi sinyal sensor suhu ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 11 Rancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor Suhu PT100



Gambar 12 Rangkaian Pengkondisi Sinyal pada Sensor Suhu PT100

G. ADC 10 bit dan Perhitungan Keseluruhan Rangkaian Pengkondisi Sinyal Sensor Suhu

Setelah sinyal pada sensor suhu dikondisikan sesuai syarat dan ketentuan ADC *internal* mikrokontroler, maka sinyal tersebut dimasukkan pada bagian *port analog* atau *port ADC* mikrokontroler Atmega 328 untuk dicacah menjadi suatu sinyal digital. Hasil cacahan tersebut menunjukkan besar resolusi suhu yang dapat diukur adalah $0.182725792 \text{ }^\circ\text{C}$.

Pada saat keadaan $0 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$V_b = \frac{100}{1100} * 5 = 0.4545$$

$$V_a = \frac{100}{1100} * 5 = 0.4545$$

Pada saat keadaan $300 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$V_b = \frac{215.5}{1100} * 5 = 0.886$$

$$V_a = \frac{100}{1100} * 5 = 0.4545$$

ΔV adalah $V_b - V_a$; G adalah besar penguatan penguat instrumentasi:

$$\Delta V_{max} = 0.436$$

$$G = \frac{4.9551}{\Delta V_{max}}$$

$$G = \frac{4.9551}{0.436} = 11.3649083$$

$$V_{ADC} = \Delta V * G$$

$$\frac{R_{pt}}{R_{pt} + 1000} * 5 = \Delta V + V_a$$

$$R_{pt} = R_0 + (0.385 * \text{suhu})$$

$$\Delta V + V_a = \frac{((\text{suhu} * 0.385) + 100)}{((\text{suhu} * 0.385) + 100) + 1000} * 5$$

V ADC adalah tegangan masukan ADC. Sedangkan suhu adalah nilai suhu yang terukur.

$$V_{ADC} = \frac{((1.925 * \text{suhu}) + 500)}{((0.385 * \text{suhu}) + 1100)} * 11.3649083$$

$$\text{Suhu} = \left[\frac{\frac{1100V_{ADC}}{(51.721143 - V_{ADC})}}{0.385} \right]$$

$$\text{Suhu} = \left[\frac{1100V_{ADC}}{(51.721143 - V_{ADC}) * 0.385} \right]$$

Dari datasheet AD 620 didapatkan persamaan resistor penguat dengan besar nilai penguat sesuai dengan persamaan:

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{R_G} + 1$$

$$R_g = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{G - 1}$$

Untuk besar penguatan senilai 11.3649083 maka dibutuhkan resistansi penguat sebesar:

$$R_g = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{11.3649083 - 1} = 4766.081702$$

Karena nilai 4766.081702 tidak terdapat di pasaran, maka diambil nilai yang mendekati yaitu sebesar 4700Ω . Dengan demikian maka besar penguatan menjadi sebesar:

$$G = \frac{49.4 \text{ k}\Omega}{4700} - 1 = 11.5106383$$

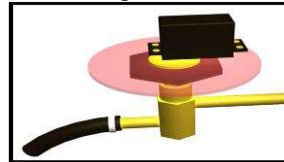
Besar persamaan tegangan masukan ADC terhadap suhu dan sebaliknya menjadi:

$$V_{ADC} = \frac{((1.925 * \text{suhu}) + 500)}{((0.385 * \text{suhu}) + 1100)} * 11.5106383$$

$$\text{Suhu} = \left[\frac{1100V_{ADC}}{(52.321143 - V_{ADC}) * 0.385} \right]$$

H. Motor Servo

Motor servo yang digunakan adalah GWS servo S04 BBM. Motor servo berfungsi untuk memutar *valve burner*. Cara kerja dari motor servo ini yaitu dengan mengatur sudut pembukaan *valve* agar sesuai dengan perintah kontroler. Berikut adalah gambar perancangan pemasangan motor servo pada *valve burner*.



Gambar 13 Rancangan Pemasangan Servo pada Valve Burner

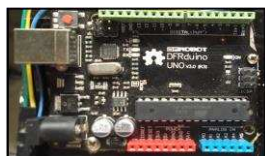


Gambar 14 Pemasangan Servo pada Valve Burner

Motor servo dipasang diatas *valve burner* dengan tujuan sudut yang dibentuk oleh motor servo sama dengan sudut yang dibentuk oleh *valve burner*.

I. Modul Arduino Uno Rev.3

Modul arduino yang digunakan adalah jenis Arduino Uno Rev-3. Arduino tersebut digunakan sebagai ADC, kontroler, dan pemberi sinyal PWM. Arduino mampu menerima tegangan masuk ke ADC yang ada pada arduino, yaitu antara 0-5V. Untuk mengontrol plan, Arduino perlu diprogram menggunakan Arduino IDE 1.0.5. Sedangkan output yang dikeluarkan oleh arduino dapat berupa sinyal PWM.



Gambar 15 Arduino Uno Rev3

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset.

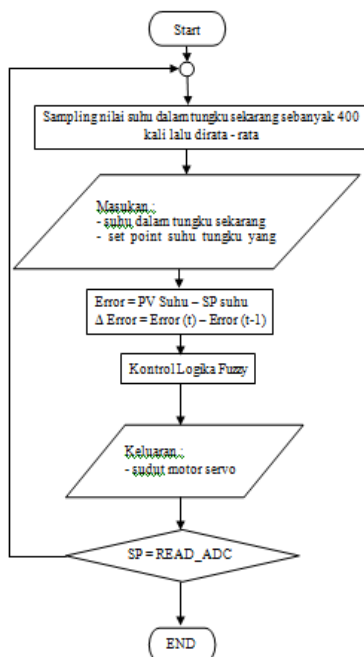
Perancangan penggunaan pin input/output dapat dilihat dalam Table 1.

Tabel 1 Fungsi Pin Arduino Uno Rev3

No	Pi	Fungsi
1	2	LCD D7 pin
2	3	LCD D6 pin
3	4	LCD D5 pin
4	5	LCD D4 pin
5	7	Jalur masukan catu daya 5 volt
6	8	Jalur masukan ground
7	11	LCD Enable pin
8	12	LCD RS pin
9	15	Jalur keluaran untuk motor
10	23	Jalur masukan RPS dari PT100

J. Perancangan Perangkat Lunak

Flowchart perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 16 berikut



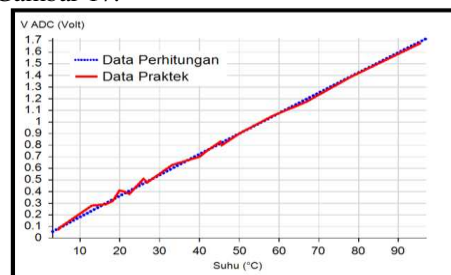
Gambar 16 Flowchart Program

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengujian ini meliputi: Pengujian sensor suhu (PT100), Pengujian sinyal kontrol motor servo, Pengujian program *input output* data, Pengujian sistem secara keseluruhan.

A. Pengujian Sensor Suhu (PT100)

Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan jarak tegangan keluaran analog dari RTD PT100 dengan *datasheet*. Range pengukuran sensor berdasarkan *datasheet* berkisar antara (0-300)°C. Hasilnya tampak pada Gambar 17.



Gambar 17 Grafik Perbandingan Nilai Pembacaan Suhu Secara Praktek dan Teori

Selain itu, perlu melakukan uji-T. Uji-T adalah pengujian kebenaran atas suatu sampel untuk dapat ditarik sebuah kesimpulan. Urutan dari Uji-T adalah melakukan pengambilan data sebanyak beberapa kali, menghitung rata-rata, Menghitung standart deviasi, mencari nilai t-hitung, mencari nilai t-tabel dan yang terakhir menarik kesimpulan atas t-hitung dan t-tabel. Berikut Table 2 hasil pengujian.

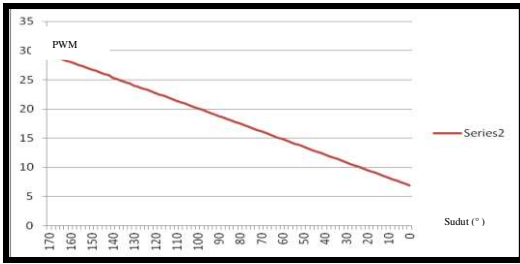
Tabel 2 Hasil Uji-T

Suhu	T hitung	T tabel
0	0,765027276	2,262157
10	0,074406358	2,262157
20	0,533025997	2,262157
30	0,439618873	2,262157
40	2,146053564	2,262157
50	1,718500911	2,262157
60	2,138865343	2,262157
70	0,025659932	2,262157
80	-0,715949412	2,262157
90	-0,432183437	2,262157
100	2,095190395	2,262157
110	1,105599589	2,262157
120	1,566698904	2,262157
130	-0,454186038	2,262157
140	0,489978026	2,262157
150	1,026560326	2,262157
160	1,170612211	2,262157
170	0,711323626	2,262157
180	-1,586371195	2,262157
190	1,899252947	2,262157
200	-0,872616927	2,262157
210	-0,051592506	2,262157
220	0,532924409	2,262157
230	0,234172519	2,262157
240	0,058649732	2,262157
250	1,733846498	2,262157
260	-0,256945657	2,262157
270	0,563208615	2,262157
280	0,040805817	2,262157
290	1,900669112	2,262157
300	2,163028202	2,262157

Dari data table 2, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian adalah baik. Hasil pengujian dianggap baik, jika nilai t-hitung berada diantara didalam *range* dari t-tabel, yaitu antara -2,262157 s/d 2,262157.

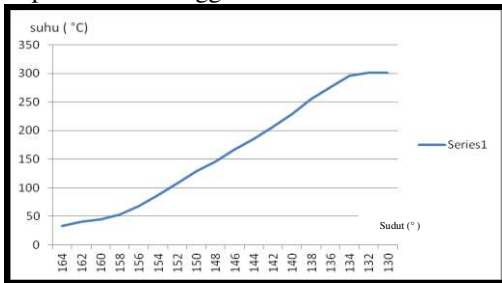
B. Pengujian Kenaikan Suhu terhadap Pembukaan Valve Burner

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui PWM yang dikeluarkan oleh Arduino dan mengetahui besar kenaikan suhu yang diakibatkan oleh pembukaan *valve burner*. Berikut hasil dari pengujian PWM dalam gambar 18 dan hasil pengujian kenaikan suhu pada Gambar 19.



Gambar 18 Grafik Sudut terhadap PWM

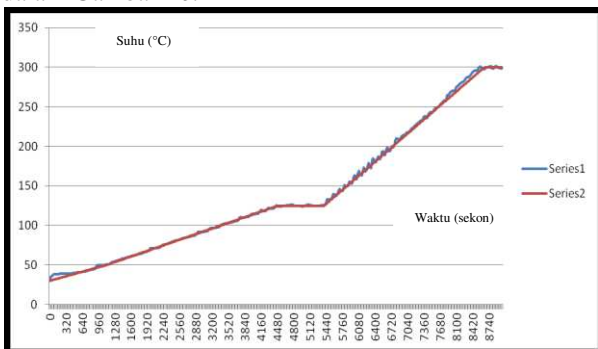
Servo berputar berlawanan dengan arah dengan arah pembukaan *valve burner*, sehingga nyala api terbesar ada pada sudut 0° (pada servo) dan nyala api terkecil ada pada sudut 170° (pada servo). Berikut hasil pengujian servo terhadap kenaikan suhu didalam tungku bakar. Sudut yang terpakai adalah 164°-130° karena sudut diatas 164° api tidak nyala, sedangkan untuk api terbesar menggunakan sudut antara 130°-125°.



Gambar 19 Grafik Sudut terhadap Suhu

C. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Data dari hasil pengujian secara keseluruhan ditampilkan dalam serial monitor dan LCD yang terpasang pada kotak. Data tersebut dicatat dan diolah pada Microsoft Excel, agar terlihat grafik kenaikan suhu di dalam tungku bakar. Grafik tersebut dapat dilihat di dalam Gambar 20.



Gambar 20 Grafik Kenaikan Suhu terhadap Waktu

Keterangan :

- Series 1 : Grafik yang didapat dari hasil praktek.
- Series 2 : Grafik yang ingin dicapai.

Respon yang dihasilkan adalah presentase error secara keseluruhan sistem = 1.147579 %.

V. KESIMPULAN DAN PROSPEK

Pada penelitian ini telah dirancang system pengontrolan suhu pada tungku bakar menggunakan kontrol logika fuzzy. 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*.

Respon yang dihasilkan adalah presentase error secara keseluruhan sistem = 1.147579 %. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan kontroler logika *fuzzy* dapat mengontrol kenaikan suhu yang ada di dalam tungku bakar.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Grand Wing Servo* (GWS) servo S04 BBM *data sheet*.
 [2] Temperature Controls PTY LTD, *Resistive Temperature Detector* (RTD) PT100 *datasheet*.
 [3] Sivanandam. 2006. *Introduction to Fuzzy Logic Using Matlab*. India: Springer.
 [4] *Arduino.cc*, *Arduino uno datasheet*.
 [5] Hoffmann, K. (n.d.). *Applying the Wheatstone Bridge Circuit*. www.h m.com.pl pdf w1 6 .pdf . Diakses tanggal 11 Juli 2013.



Achmad R.P., lahir di Malang, Jawa Timur pada 29 September 1990. Pendidikan sekolah dasar ditempuh di SDN Kauman 1 Malang tahun 1997-2003, untuk sekolah menengah ditempuh di SMPN 5 Malang (2003-2006) dan SMAN 1 Malang (2006-2009). Tahun 2013 ini, penulis telah merampungkan pendidikan sarjana di Universitas Brawijaya Jurusan Teknik Elektro.

Penulis baru memiliki sedikit pengalaman dalam dunia kerja. Diantaranya, pernah mengikuti Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT Petro Kimia Gresik selama 1 bulan pada tanggal 2 september -30 September 2012.

Penulis sangat berharap bila hasil karyanya dapat menginspirasi para pembacanya untuk mengembangkan inovasi atas karya penulis.