

# Sistem Pengendalian Suhu Pada Proses Distilasi Vakum Bioetanol Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy

Akhbar Prachaessardhi Rusdi, Pembimbing 1: M. Aziz Muslim, Pembimbing 2: Goegoes Dwi N.

**Abstrak**– Bahan bakar alternatif yang telah ditemukan para ahli sebagai pengganti bahan bakar fosil adalah bioetanol. Pada penelitian ini dikembangkan pembuatan bioetanol dengan distilasi vakum pada suhu dan tekanan tertentu. Awal pengembangan yang dilakukan adalah membuat kontroler untuk menjaga kestabilan suhu dari proses distilasi vakum sedangkan tekanan dikontrol secara manual. Metode yang digunakan untuk pengaturan ini ialah logika fuzzy. Metode ini melalui beberapa tahap, yaitu fuzzifikasi, kaidah atur (*Rule-base*) dan inferensi, serta defuzzifikasi.

Penelitian ini menggunakan sensor suhu PT100 untuk mendeteksi suhu bahan baku. Data dari sensor diproses dengan logika fuzzy menggunakan mikrokontroler arduino mega. Data terkontrol dikirim ke *dimmer circuit* sebagai *driver* aktuator elemen pemanas.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode logika fuzzy cukup berhasil digunakan untuk menjaga suhu pada *setpoint* yang diinginkan tanpa adanya *overshoot* yang tinggi dengan nilai *error steady state* sebesar 0,145%.

**Kata Kunci:** Bioetanol, Distilasi Vakum, Logika fuzzy, Arduino mega, PT100, *Dimmer circuit*.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi semakin tinggi dengan berkembangnya zaman. Menurut proyeksi dari *International Energy Agency* (IEA), permintaan energi rata-rata akan mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Sekitar 80% kebutuhan energi dunia tersebut dipasok dari bahan bakar fosil. Di sisi lain, menurut para ahli minyak bumi, bahan bakar fosil diperkirakan akan habis 30 tahun lagi. Oleh karena itu dibutuhkan bahan bakar alternatif dan ditemukanlah bioetanol. Proses pembuatannya terdiri dari ekstraksi gula dari bahan nabati, fermentasi menggunakan bahan-bahan kimiawi, distilasi dan absorpsi. Dalam penelitian ini dilakukan distilasi mendekati kondisi vakum dan pada

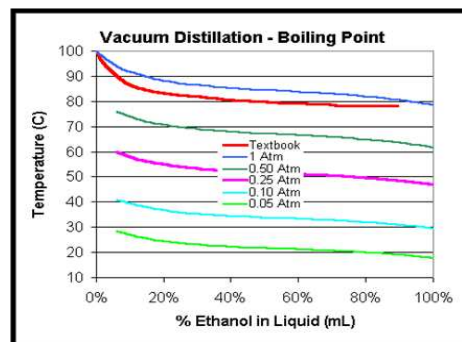
suhu tertentu sebagai pengganti dari proses absorpsi yang dapat memakan waktu 2-3 hari. Oleh karena itu, dibutuhkan kontroler yang dapat menjaga tekanan dan suhu pada kondisi tertentu. Pada penelitian ini hanya akan dirancang kontroler untuk pengendalian suhu.

Metode yang digunakan adalah kontrol logika fuzzy. Keunggulannya adalah terdapat *rule* yang dapat kita rancang sendiri sehingga diharapkan suhu yang diinginkan pada proses distilasi dapat terjaga.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Distilasi Vakum

Secara garis besar, distilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap dan uap ini kemudian didinginkan kembali dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu.



Gambar 1. Distilasi alkohol pada tekanan dibawah 1 atm

Gambar 1 [1] diatas, mengilustrasikan proses distilasi pada tekanan dibawah 1 atm yang mana akan memberikan hasil konsentrasi berbeda pada suhu tertentu pula.

### B. Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *Joule Heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen. Contoh elemen pemanas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Elemen Pemanas

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

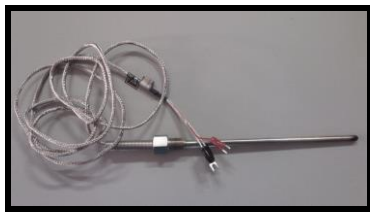
M.Aziz Muslim ST., MT., Phd. adalah Dosen Pembimbing I Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (phone: 0858-1517-0109; email [muahazim2@gmail.com](mailto:muahazim2@gmail.com)).

Goegoes Dwi N., ST., MT., . adalah Dosen Pembimbing II Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (phone: 0813-2819-9511; email [nisways@gmail.com](mailto:nisways@gmail.com)).

Akhbar P. Rusdi adalah Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia (phone: 0856-466-06263; email [akhbarpr@gmail.com](mailto:akhbarpr@gmail.com))

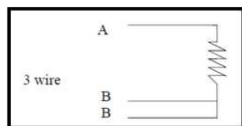
### C. Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pendeteksi suhu dalam tabung evaporator adalah PT100 seperti pada gambar 3. Disebut PT100 karena terbuat dari logam platinum (PT) dan dikalibrasi pada suhu 0°C dengan nilai resistansi 100 ohm.



Gambar 3. Sensor Suhu PT100

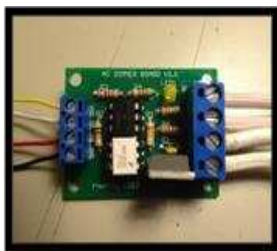
RTD PT100 merupakan resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah sesuai dengan kenaikan suhu. Kabel RTD PT100 berjumlah 3 buah yang terdiri dari 2 jenis yaitu, A dan B. Kabel B memiliki dua cabang yang memiliki fungsi sama, karena ujungnya dipararel seperti dalam Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Dasar Sensor Suhu PT100

### D. Modul Dimmer Circuit

Untuk mengendalikan besarnya arus yang melewati elemen pemanas yang di catu daya AC digunakan *dimmer circuit* yang mana di dalamnya terdapat rangkaian untuk pemicuan gate TRIAC dan rangkaian *Zero Cross Detector*. Modul *Dimmer Circuit* dapat dilihat pada gambar 5[3].



Gambar 5. AC Dimmer Module Lite (v1.1)

#### a. Rangkaian Penyulutan TRIAC

TRIAC atau *Triode for Alternating Current* (Trioda untuk arus bolak-balik) adalah komponen yang tersusun atas dua buah *thyristor* dengan terminal *gate* yang sama. Nama resmi untuk TRIAC adalah *Bidirectional Triode Thyristor*. Ini menunjukkan sakelar dua arah yang dapat mengalirkan arus listrik ke kedua arah ketika dipicu. Konfigurasi tersebut membuat TRIAC merupakan komponen yang digunakan untuk mengatur tegangan AC sehingga pemicuan dari *gate* TRIAC juga dapat dilakukan dengan pulsa negatif atau pulsa positif (sesuai tegangan AC). Dalam penggunaannya dibutuhkan DIAC sebagai *driver* dari TRIAC. Selain itu dibutuhkan juga komponen yang mampu berfungsi sebagai isolator antara tegangan 220V dan

5V untuk melindungi mikrokontroler dari tegangan balik. Sehingga komponen yang sesuai dengan spesifikasi di atas adalah *optocoupler*. Optocoupler yang komponen utamanya berupa DIAC adalah MOC3021.

#### b. Rangkaian Zero Cross Detector

*Zero cross detector* adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Dengan rangkaian *zero crossing detector*, kita bisa mendeteksi *zero point* sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoida menjadi sinyal digital. Sinyal keluaran rangkaian *zero cross detector* ini akan masuk ke dalam mikrokontroler, oleh karena itu dibutuhkan juga komponen yang mampu memisahkan tegangan 5V dan 220V. Untuk rangkaian ini digunakan komponen optocoupler 4N25.

### E. Kontrol logika Fuzzy

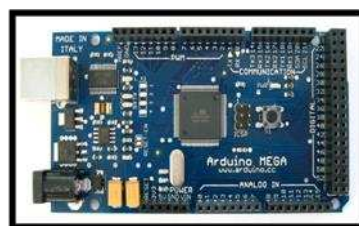
*Fuzzy set* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh dalam papernya yang memaparkan ide dasar *fuzzy set* [2]. Secara harafiah *fuzzy* berarti samar, sedangkan kebalikannya adalah *Crisp* yang secara harafiah berarti tegas. Sebagai contoh temperature/suhu, biasa dinyatakan sebagai panas, agak panas, dingin, atau sangat dingin.

Himpunan *fuzzy* didasarkan 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 1985 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.

### F. Arduino

Arduino Mega adalah board mikrokontroler berbasis ATmega2560[4]. Memiliki 54 pin input dan output digital, dimana 14 pin diantara pin tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 16 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Arduino Mega dapat dilihat pada gambar 6.

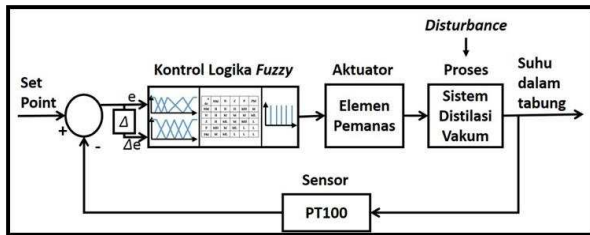


Gambar 6. Tampak atas Arduino Mega

### III. PERANCANGAN ALAT DAN KONTROLER

#### A. Diagram Blok Sistem

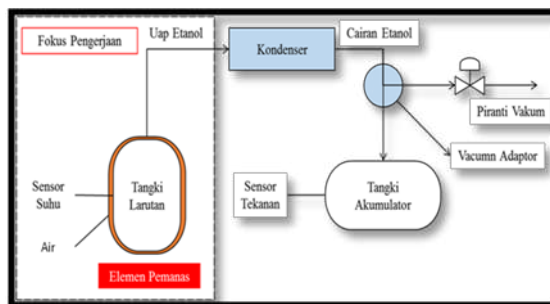
Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

#### B. Perancangan Alat Vakum Distilasi

Perancangan alat dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perancangan vakum distilasi

1. Tabung evaporator tempat larutan bahan baku bioetanol yang diselimuti jaket berisi air.
2. Kondenser yang terhubung dengan saluran yang dilewati oleh uap dari tabung evaporator.
3. Piranti vakum dipasang pada tangki akumulator.
4. Sensor Suhu PT100 dipasang pada tabung evaporator.
5. Elemen Pemanas terpasang pada jaket.
6. Perangkat kontrol Arduino Mega 2560.
7. Kontroler yang digunakan ialah kontrol logika fuzzy.

#### C. Pemilihan Elemen Pemanas

Sistem pemanasan dilakukan dengan menggunakan 4 buah elemen pemanas dengan total daya 1200W, pemasangan elemen pemanas diletakkan tidak langsung di dalam tangki melainkan di dalam jaket yang berisi air sebagai media pemanasnya. Elemen pemanas ditempatkan saling berseberangan dengan harapan panas lebih cepat merata.

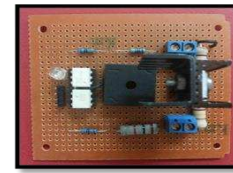


Gambar 9. Pemasangan Elemen Pemanas

#### D. Perancangan Modul Dimmer Circuit

Modul pengendali tegangan yang digunakan adalah *AC dimmer module lite (v1.1)*. Secara garis besar modul ini berfungsi untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220

volt saat melewati titik tegangan nol dan mengatur tegangan AC melalui pemicuan dari *gate TRIAC*. *AC dimmer module lite (v1.1)* yang dirangkai sendiri dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. AC dimmer module yang dirangkai sendiri

#### E. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu PT100

PT 100 adalah sensor suhu yang mengindera perubahan suhu dengan cara mengubah besar resistansinya. Karena itu dibutuhkan suatu rangkaian untuk mengubah besar resistansi PT 100 ke dalam tegangan agar dapat dibaca oleh mikrokontroler.

Modul rangkaian pengondisi sinyal PT100 ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Modul Rangkaian Pengondisi Sinyal PT100

#### F. Perancangan Logika Fuzzy

Perancangan logika fuzzy terdiri dari *fuzzifikasi*, *Rule Base* kontrol logika fuzzy, *Defuzzifikasi*.

##### a. Fuzzifikasi

Proses ini memanfaatkan pembacaan data dari sensor suhu yang kemudian diolah dengan rumus sebagai berikut:

$$Error(t) = SP - PV(t) \quad (1)$$

Dimana,

$SP$  = Set point (Suhu yang diinginkan)

$PV(t)$  = Present Value pada waktu  $t$  (Nilai Suhu)

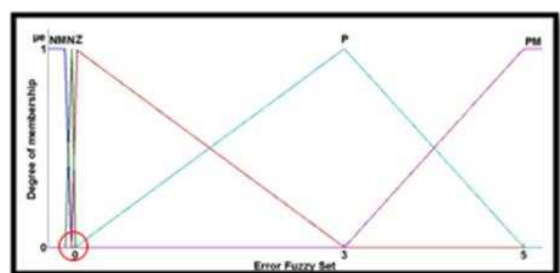
$$\Delta Error(t) = Error(t) - Error(t-1) \quad (2)$$

Dimana,

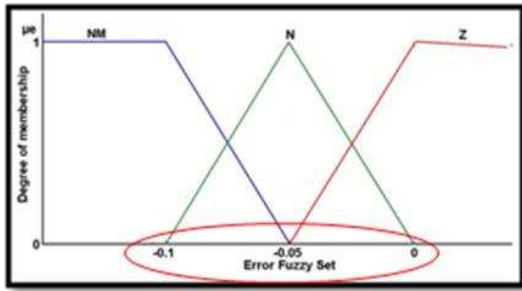
$Error(t)$  = Error pada waktu  $t$

$Error(t-1)$  = Error pada waktu  $(t-1)$

Dari rumus diatas diperoleh nilai *Error* dan  $\Delta Error$  yang digunakan sebagai Himpunan Masukan Fuzzy. Himpunan masukan logika fuzzy dapat ditunjukkan pada gambar 12 dan 13.

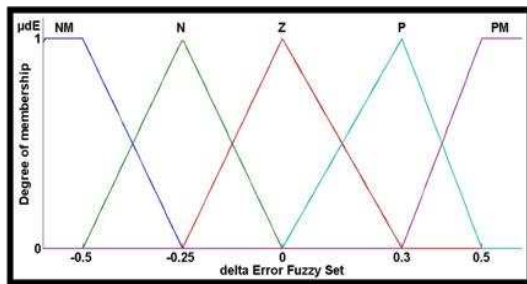


(a)

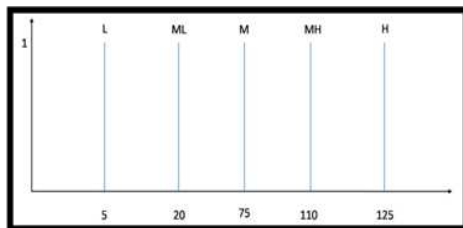


(b)

Gambar 12. Himpunan Fuzzy Masukan Error (a), Himpunan fuzzy Masukan Error yang diperjelas (b).

Gambar 13. Himpunan Fuzzy Masukan  $\Delta$ Error

Himpunan keluaran logika fuzzy merupakan representasi hasil dari keputusan dalam bentuk variasi nilai *dimming*. Himpunan untuk keluaran logika fuzzy dapat ditunjukkan dalam Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Himpunan Keluaran Logika Fuzzy

#### b. Rule-Base (Kaidah Atur) Logika Fuzzy

Penentuan kaidah atur logika fuzzy didasarkan pada pengalaman dan disusun dalam bentuk penalaran Jika-Maka (*If-Then*). Metode inferensi yang dipergunakan ialah metode *min-max*. Tabel 1 menunjukkan kaidah atur (*Rule-base*) logika fuzzy.

Tabel 1. Kaidah Atur (*Rule-base*) logika fuzzy

$\Delta e$ \ e	NM	N	Z	P	PM
NM	H	H	H	MH	M
N	H	M	M	M	ML
Z	H	ML	M	MH	L
P	MH	M	ML	L	L
PM	M	ML	L	L	L

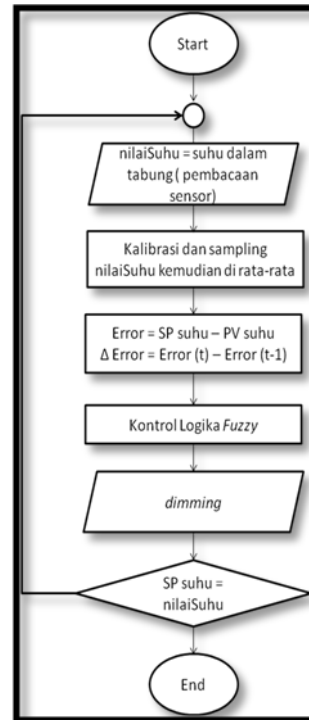
#### c. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses untuk mengubah keluaran fuzzy menjadi keluaran *crisp*. Hasil

defuzzifikasi inilah yang digunakan untuk mengatur besarnya nilai *dimming*. Metode defuzzifikasi yang digunakan adalah *Weighted average method*

#### G. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini pemrograman keseluruhan sistem menggunakan *software Arduino ERW V1.05*. Diagram alir perangkat lunak yang dipergunakan dalam sistem ini ditunjukkan pada gambar 15.



Gambar 15. Diagram alir perangkat lunak

#### IV. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengujian ini meliputi kalibrasi sensor suhu PT100, pengujian penyulutan TRIAC, pengujian *dimmer circuit* dan pengujian sistem keseluruhan.

##### A. Kalibrasi Sensor Suhu (PT100)

Kalibrasi sensor suhu PT100 dilakukan untuk melihat bagaimana penyimpangan yang dilakukan sensor suhu dalam beberapa kali pengukuran. Kalibrasi sensor suhu PT100 dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear. Dengan rumus sebagai berikut :

$$\sum n a_0 + \sum x_i a_1 = \sum y_i \quad (3)$$

$$\sum x_i a_0 + \sum x_i^2 a_1 = \sum x_i y_i \quad (4)$$

$$f = a_0 + a_1 x \quad (5)$$

Keterangan:

- $n$  = banyak data.
- $a_0$  = intercept.
- $a_1$  = slope.
- $x_i$  = independent.
- $y_i$  = dependent variable.

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode regresi linear, didapatkan hasil:



$$f = -0,468847111 + 1,005251338x$$

Hasil dari fungsi diataslah yang digunakan sebagai nilai kalibrasi dalam program. Hasil pengujian sensor suhu sebelum dan sesudah kalibrasi, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Suhu

No	Suhu Termometer	Suhu Pembacaan Serial Monitor Sebelum Kalibrasi	Suhu Pembacaan Serial Monitor Sesudah Kalibrasi
1	20	20.4	20.05
2	25	25.43	25.22
3	30	30.19	30.14
4	35	35.2	35.35
5	40	40.19	40.31
6	45	45.23	45.28
7	50	49.94	50.27
8	55	55.28	54.72
9	60	60.08	59.74
10	65	65.6	64.77
11	70	70.24	70.11
12	75	75.35	75.47
13	80	80.1	80.27
14	85	84.46	85.1

Dari hasil pengujian didapatkan perubahan nilai error sebagai berikut :

- Perhitungan error sebelum kalibrasi:

$$\% \text{ error} = \frac{(\sum \text{Hasil Pengukuran} - \sum \text{Reference})}{\sum \text{Reference}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \frac{(737.69 - 735)}{735} \times 100\%$$

$$= 0.36\%$$

- Perhitungan error setelah kalibrasi:

$$\% \text{ error} = \frac{(\sum \text{Hasil Pengukuran} - \sum \text{Reference})}{\sum \text{Reference}} \times 100\%$$

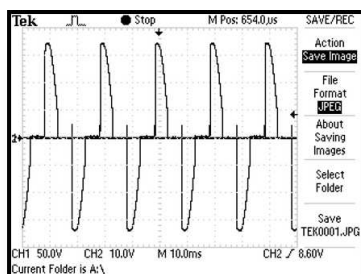
$$\% \text{ error} = \frac{(736.8 - 735)}{735} \times 100\%$$

$$= 0.24\%$$

Dari perhitungan error diatas dapat disimpulkan hasil regresi dapat digunakan sebagai kalibrasi karena dapat memperkecil error pembacaan sensor.

### B. Pengujian Penyulutan TRIAC

Dari pengujian penyalan TRIAC didapatkan hasil pengujian berupa bentuk gelombang keluaran.



Gambar 16. Bentuk Gelombang Keluaran TRIAC dengan sudut penyalan 90°

TRIAC sesuai dengan sudut penyalannya. Contoh hasil keluaran gelombang untuk sudut penyalan 90° atau dengan *dimming* 64 ditunjukkan pada Gambar 16. Hasil pengujian keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Keseluruhan

Sudut Penyalan (°)	<i>Dimming</i>	Perhitungan waktu tunda (ms)	Pengujian waktu tunda (ms)
90	64,00	5,00	5,4
105	74,67	5,83	6,2
120	85,33	6,67	7
135	96,00	7,50	7,6
150	106,67	8,33	8,2
165	117,33	9,17	9

Berdasarkan data hasil pengujian sudut penyalan TRIAC yang didapatkan pada Tabel 3 terjadi penyimpangan waktu tunda dengan data hasil perhitungan. Contoh perhitungan pengujian dengan sampel data ke-2:

$$\text{Waktu tunda (ms)} = \frac{\text{Sudut Penyalan}}{180^\circ} \times 10 \quad (6)$$

$$= \frac{105^\circ}{180^\circ} \times 10$$

$$= 5,83 \text{ ms}$$

Nilai error yang didapat dari selisih *absolute* perhitungan dan pengujian sebesar :

$$\text{Error (ms)} = |\text{Perhitungan} - \text{Pengujian}|$$

$$= |5,83 - 6,2| = 0,37$$

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Error}}{\text{Data Perhitungan}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,37}{5,83} \times 100\%$$

$$= 6,29\%$$

Hasil perhitungan error pengujian secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Error Keseluruhan TRIAC

Sudut Penyalan (°)	Perhitungan waktu tunda (ms)	Pengujian waktu tunda (ms)	error (ms)	error (%)
90	5,00	5,4	0,40	8,00%
105	5,83	6,2	0,37	6,29%
120	6,67	7	0,33	5,00%
135	7,50	7,6	0,10	1,33%
150	8,33	8,2	0,13	1,60%
165	9,17	9	0,17	1,82%
Rata Rata Error (%)				4,01%

Dari hasil perhitungan error pengujian secara keseluruhan didapatkan nilai rata-rata error keseluruhan sebesar 4,01%. Error ini dikarenakan adanya proses perhitungan dan pembulatan angka oleh mikrokontroler dan sumber AC yang tidak ideal baik dari frekuensi dan bentuk gelombang tegangan, sehingga menyebabkan adanya selisih antara perhitungan dan pengukuran. Berdasarkan analisis di atas bisa disimpulkan bahwa Mikrokontroler mampu menghasilkan sudut penyalan yang sesuai dengan yang diberikan.

### C. Pengujian Dimmer Circuit

Dari hasil pengujian *dimmer circuit* didapatkan hasil berupa nilai tegangan yang berbeda-beda sesuai dengan nilai *dimming* yang diberikan Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

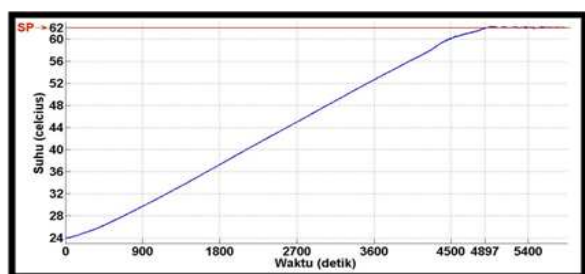
Tabel 5. Perbandingan Nilai Dimming Terhadap Tegangan

No.	Dimming	Tegangan (VAC)
1	128	3.1
2	125	11.28
3	115	28.12
4	105	53.7
5	95	81.9
6	85	111.1
7	75	139
8	65	160.8
9	55	183.61
10	45	198.5
11	35	209.2
12	25	215.8
13	15	218.2
14	5	218.8
15	3	218

#### D. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana respon sistem pengendalian suhu pada proses distilasi vakum bioetanol menggunakan kontrol logika *fuzzy* bisa bekerja dengan baik sesuai *setpoint* yang diharapkan.

Hasil pengujian sistem secara menyeluruh ditunjukkan dalam gambar 17.



Gambar 17. Hasil Respon Pengujian Keseluruhan

Dari pengujian di atas diperoleh data perhitungan sebagai berikut :

##### a. Overshoot

Pada respon diatas, terjadi *overshoot* hingga mencapai suhu 62,26°C namun segera mencapai keadaan *steady*.

$$\begin{aligned} \% Mp &= \frac{|T_{puncak} - T_{steady}|}{T_{steady}} \times 100 \% \\ &= \frac{|62.26 - 62.09|}{62.09} \times 100 \% \\ &= 0,27 \% \end{aligned}$$

##### b. Error Steady State

Saat keadaan *steady* terjadi osilasi dengan nilai suhu minimum sebesar 61,96°C dan nilai suhu maksimum sebesar 62,21°C. *Error Steady State* nya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% ESS &= \frac{|T_{steady} - T_{setpoint}|}{T_{setpoint}} \times 100 \% \\ &= \frac{|62.09 - 62|}{62} \times 100 \% \\ &= 0,145 \% \end{aligned}$$

## V. KESIMPULAN DAN PROSPEK

Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengontrolan suhu pada proses distilasi vakum bioetanol.

Hasil pengujian seluruh sistem menggunakan kontroler logika *fuzzy* dengan menggunakan 5 himpunan *fuzzy* pada *error* berupa nilai suhu dan 5 himpunan *fuzzy* pada  $\Delta Error$  berupa selisih antara nilai suhu sekarang dan sebelumnya, metode *inferensi* min-max, *rule base* yang telah di tuning, defuzzifikasi *weighted average method*, dapat menjaga suhu pada set point 62°C dengan *error steady state* sebesar 0.145% dan toleransi kesalahan 2%, namun masih terdapat *overshoot* sebesar 0.27%. Sedangkan pengujian kontroler terhadap proses distilasi vakum bioetanol, dengan bahan baku fermentasi, menghasilkan alkohol dengan kadar 48%.

Pada penelitian selanjutnya disarankan agar menambahkan pengendalian secara adaptif pada kontrol logika *fuzzy*, hal ini dikarenakan antara suhu dan tekanan saling mempengaruhi, oleh karena itu, untuk mengatasi pengaruh dari tekanan tersebut perlu ditambahkan kontroler adaptif. Dan untuk mendapatkan kadar alkohol yang lebih tinggi, perlu ditambahkan sistem reflux pada mekanik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akland, Toni. (2012). *Home Distillation of Alcohol*
- [2] Kuswandi. Son. (2007). *Kendali Cerdas, Teori dan Aplikasi Praktisnya*. Yogyakarta: ANDI
- [3] <http://wiki.dzarts.washington.edu/groups/general/wiki/4dd69/> diakses pada tanggal 25 November 2013
- [4] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>



**Akhbar Prachaessardhi Rusdi**, lahir di Malang, Jawa Timur pada tanggal 15 April 1991. Pendidikan sekolah dasar ditempuh di SDN Kauman 1 Malang tahun 1997-2003, untuk sekolah menengah ditempuh di SMPN 21 Malang (2003-2006), SMAN 10 Malang (2006-2007), SMAN 7 Malang (2007-2009). Sekarang, penulis sedang menempuh 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 Telekomunikasi Indonesia Tbk selama 2 bulan pada tanggal 3 September - 3 November 2012.

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