

Desain dan Purwarupa *Fuzzy Logic Control* untuk Pengendalian Suhu Ruangan

Faisal Wahab¹, Arif Sumardiono², Adnan Rafi Al Tahtawi³, Agus Faisal Aziz Mulayari⁴

¹Program Studi Teknik Elektro Konsentrasi Mekatronika, Universitas Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit No. 94 Bandung, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 45
Jl. Perjuangan No. 17 Cirebon, Indonesia

^{3,4}Program Studi Teknik Komputer, Politeknik Sukabumi
Jl. Babakan Sirna No. 25 Kota Sukabumi, Indonesia
faisal.wahab@unpar.ac.id

Abstrak

Fuzzy Logic Control (FLC) merupakan salah satu metode pengendalian sistem yang saat ini banyak digunakan di beberapa disiplin ilmu, khususnya di bidang sistem kendali. Dalam perancangan FLC tidak diperlukan model matematis dari sistem yang akan dikendalikan. Hal ini menjadi salah satu keunggulan FLC sehingga perancangan pengendali lebih mudah dilakukan dengan hanya mengandalkan aturan logika. Pada makalah ini, akan dirancang FLC untuk sistem pendingin ruangan dan direalisasikan dalam bentuk *prototype* untuk kesederhanaan perancangan. Sistem ini memiliki masukan suhu ruangan dan banyaknya orang di ruangan, sedangkan keluarannya adalah tingkat pendinginan ruangan tersebut. Pengujian sistem ini dilakukan dengan membandingkan hasil keluaran pengendali melalui simulasi *Fuzzy Logic Toolbox* yang tersedia pada MATLAB. Dua unit purwarupa dirancang dengan sensor masukan yang berbeda sebagai perbandingan. Hasilnya menunjukkan bahwa purwarupa sistem pertama dan kedua mampu mengendalikan suhu ruangan dengan rata-rata kesalahan berturut-turut 1,31% dan 4,06% jika dibandingkan dengan simulasi MATLAB.

Kata kunci: *fuzzy logic*, pengendali, FLC, suhu, MATLAB

Abstract

Fuzzy Logic Control (FLC) is one of control method that has been used in several discipline fields, especially in control system. In designing FLC doesn't need mathematical model from the controlled plant. It is become one of the advantages of FLC so the controller will be designed easily depend on logic rules. In this paper, FLC for room temperature application will be designed and implemented in form of *prototype* for simplicity. This system has two inputs that are temperature and amount of person, while the output is speed of the motor cooler in hardware *prototype*. System test is done by comparing the hardware *prototype* output and *Fuzzy Logic Toolbox* simulation output that available in MATLAB software. Two units of *prototype* are designed with different sensor input as a comparison. The result shows that the first and second *prototype* able to control room temperature with error by 1.31% and 4.06% respectively if compared with simulation MATLAB.

Keywords: *fuzzy logic*, controller, FLC, temperature, MATLAB

I. PENDAHULUAN

Fuzzy Logic Controller (FLC) merupakan salah satu aplikasi dari logika fuzzy di bidang sistem kendali. FLC telah digunakan di beberapa sistem dinamik dari mulai yang sederhana sampai yang kompleks. Kelebihan dari FLC salah satunya adalah tidak diperlukannya model matematis dari *plant* yang akan dikendalikan. Mekanisme pengambilan keputusan ditanamkan pada pengendali sebagai aturan dasar ketika pengendalian berlangsung.

Salah satu aplikasi dari FLC adalah digunakan untuk mengendalikan suhu dalam ruangan. Sistem kendali suhu ruangan dirancang untuk menjaga suhu dalam suatu ruangan sesuai dengan referensi. Sistem ini biasanya ditanamkan pada komputer yang terintegrasi dengan pendingin ruangan. Untuk lebih mengetahui algoritma fuzzy ini bekerja pada sistem tersebut, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan merancang purwarupa dari sistem tersebut baik dalam skala kecil maupun skala besar.

Purwarupa sistem ini dapat dirancang dengan menggunakan mikrokontroler, sensor suhu LM35 dan kipas motor DC [1]. Sistem ini menggunakan dua *input* yaitu suhu terukur dan suhu target. Selain itu, sistem ini juga dapat diintegrasikan dengan segmen perangkat lunak antarmuka. Simulasi dari sistem pendinginan ruangan berbasis antarmuka dapat dirancang pula dengan menggunakan masukan luas ruangan, banyaknya orang di ruangan, dan banyaknya unit pendingin di ruangan tersebut [2]. Lebih lanjut lagi, aplikasi FLC juga dapat dirancang untuk kebutuhan di industri. Pengendalian suhu pada *plant* kimia merupakan salah satu contoh penerapan FLC yang juga dapat dikombinasikan dengan pengendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID) [3]. Jika dibandingkan, FLC menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik daripada pengendali PID dalam mengendalikan suhu ruangan [4]. FLC menghasilkan respon yang lebih cepat juga lebih menghemat daya. FLC juga dapat dirancang sebagai pengendali suhu ruangan dengan menggunakan *input* kesalahan (*error*) dan perubahannya [5]. Pada sistem ini, FLC berfungsi untuk mengatur suhu ruangan agar dapat menjajaki *setpoint*. Sistem ini juga dapat ditingkatkan dengan menggunakan teknik *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) [6]. Sebagai tambahan dan gambaran lain, sistem serupa FLC untuk purwarupa juga telah dirancang untuk aplikasi pemanasan pada mesin pemanggang kopi [7].

Pada makalah ini akan diuraikan aplikasi FLC pada sistem pendingin ruangan dalam bentuk purwarupa dengan dua konfigurasi. Pada konfigurasi pertama, purwarupa dirancang dengan menggunakan sensor yang masih diasumsikan, sedangkan purwarupa kedua menggunakan sensor sebenarnya. Sebagai perbandingan, simulasi MATLAB dari sistem ini juga akan diuraikan. Berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya, *input* yang digunakan yaitu jumlah orang dalam ruangan dan suhu cuaca.

II. FUZZY LOGIC CONTROL

A. Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sebuah logika yang memiliki derajat keanggotaan diantara 0 dan 1 dimana berbeda dengan logika klasik Boolean yang memiliki nilai 0 dan 1 saja. Dengan demikian, variabel dalam logika fuzzy dideskripsikan dalam bentuk himpunan fuzzy, diantaranya dalam bentuk segitiga, trapezoidal, Gaussian, Gaussian-bell dan sigmoid. Gambar 1 menunjukkan salah satu bentuk himpunan fuzzy. *Membership Function* (MF) menunjukkan besarnya derajat keanggotaan untuk setiap nilai pada variabel.

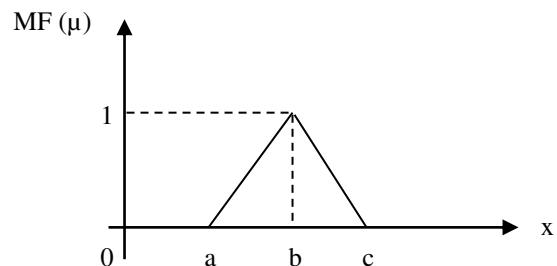
Untuk menentukan derajat keanggotaan dari himpunan fuzzy yang dirancang, maka diperlukan fungsi dari himpunan tersebut. Fungsi ini dibangun berdasarkan persamaan garis yang dibentuk oleh himpunan fuzzy tersebut. Contoh fungsi dari himpunan segitiga adalah sebagai berikut:

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (1)$$

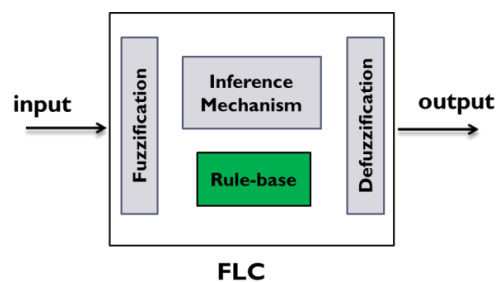
dimana $f(x, a, b, c)$ adalah derajat keanggotaan, x adalah nilai dari variabel, a, b, c berturut-turut adalah nilai awal, tengah dan akhir dari variabel.

B. Fuzzy Logic Controller

Kendali logika fuzzy atau populer dengan istilah adalah sebuah skema sistem kendali yang menggunakan konsep teori himpunan fuzzy dalam perancangannya. Terdapat tiga tahapan dalam FLC, yaitu fuzzifikasi, mekanisme inferensi dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan tahap awal yang bekerja dengan cara mengubah nilai tegas (*crisp*) dari suatu variabel menjadi nilai fuzzy. Nilai yang telah berbentuk fuzzy ini selanjutnya digunakan sebagai masukan dari mekanisme inferensi. Pada tahap ini, akan dilakukan pengambilan keputusan dari masukan yang ada berdasarkan basis aturan logika yang dirancang. Terakhir, nilai keluaran dari mekanisme inferensi yang berbentuk fuzzy selanjutnya diubah kembali kedalam bentuk tegas melalui proses defuzzifikasi. Secara lebih lengkap, blok diagram dari FLC tersaji pada Gambar 2.



Gambar 1. Himpunan fuzzy segitiga



Gambar 2. Diagram FLC

Pada tahap defuzzifikasi, terdapat beberapa metode yang seringkali digunakan. Salah satunya adalah metode Takagi-Sugeno-Kang (TSK). Metode ini lebih mudah direalisasikan ke dalam bahasa pemrograman karena memiliki himpunan *singleton* pada variabel keluaran. Dengan demikian proses defuzzifikasi akan lebih mudah dilakukan. Persamaan keluaran dari metode TSK adalah sebagai berikut:

$$z_{out} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i z_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

dimana z_{out} adalah nilai keluaran *crisp*, w_i adalah derajat keanggotaan nilai ke- i dan z_i adalah nilai keluaran variabel ke- i .

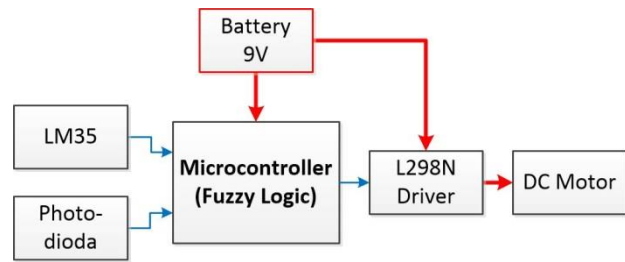
III. DESAIN SISTEM

A. Perangkat Keras

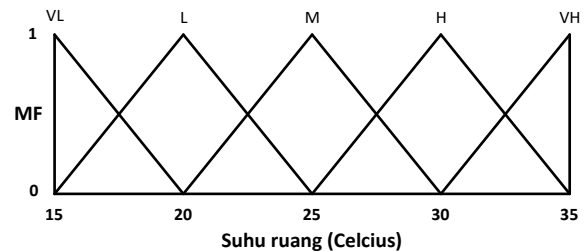
Sistem kendali suhu dalam suatu ruangan dapat dirancang dalam bentuk purwarupa. Secara umum, desain purwarupa tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Dua unit sensor digunakan sebagai masukan suhu ruangan (LM35) dan banyaknya orang dalam ruangan (*photodiode*). Sensor LM35 dapat mengukur suhu dari -55°C - 150°C dengan keluaran 0-1,5 V. Karena tegangan keluaran yang dihasilkan relatif kecil, maka diperlukan rangkaian pengkondisi sinyal agar tegangan yang dihasilkan menjadi 0-5 V untuk diolah pada mikrokontroler melalui fasilitas *Analog to Digital Converter* (ADC). Pengkondisi sinyal yang dapat digunakan salah satunya adalah IC LM358. *Photodiode* digunakan sebagai perangkat yang mendeteksi banyaknya orang dalam ruangan. Dua unit sensor ini dipasang sejajar sehingga dapat mendeteksi orang yang masuk dan keluar. Mikrokontroler yang digunakan yaitu ATmega 328 pada modul Arduino Uno R3 dengan kecepatan *clock* 16 MHz. Mikrokontroler berperan sebagai perangkat komputasi dimana FLC ditanamkan. Metode defuzzifikasi TSK digunakan pada sistem ini untuk kesederhanaan dalam pemrograman. Pada bagian keluaran, sebuah motor DC dapat digunakan sebagai kipas pendingin dengan pengaturan kecepatan putaran menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM) melalui IC L298N.

B. Desain FLC

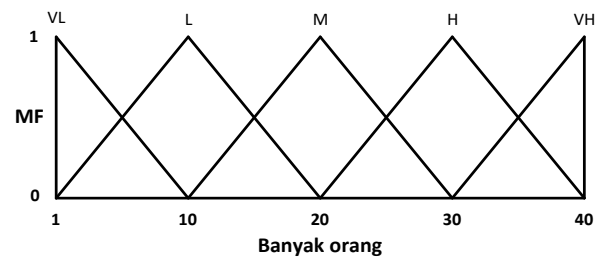
Fungsi keanggotaan untuk masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 4-Gambar 6.



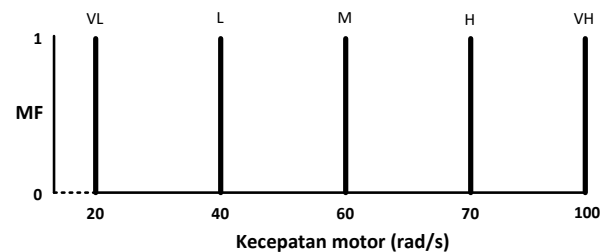
Gambar 3. Diagram blok sistem



Gambar 4. Fungsi keanggotaan suhu ruang



Gambar 5. Fungsi keanggotaan banyaknya orang

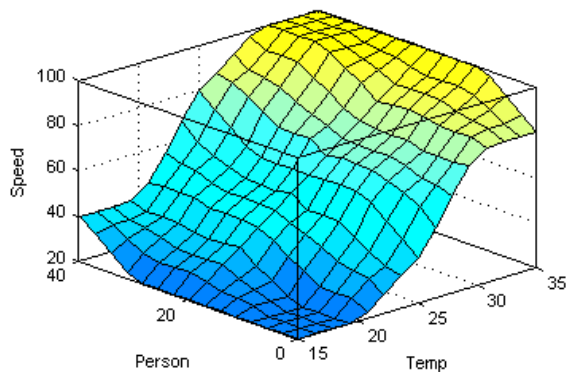


Gambar 6. Fungsi keanggotaan kecepatan kipas

Fungsi keanggotaan suhu ruang dan banyaknya orang memiliki lima fungsi dengan menggunakan fungsi segitiga dengan kategori VL (*Very Low*), L (*Low*), M (*Medium*), H (*High*) dan VH (*Very High*). Skenario suhu ruangan yang terukur yaitu $15\text{-}35^{\circ}\text{C}$, sedangkan banyak orang dalam ruangan 1-40 orang. Fungsi keanggotaan keluaran kecepatan kipas motor DC juga terbagi menjadi lima tetapi dalam bentuk satu nilai tegas (*singleton*) sesuai dengan metode TSK. Kecepatan putaran ini direalisasikan dalam bentuk pengaturan *Pulse Width Modulation* (PWM) dalam *motor driver* L298N. Basis aturan yang dirancang berdasarkan masukan keluaran dan keluaran yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 1. Dengan menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox* pada MATLAB, diperoleh fungsi basis aturan seperti pada Gambar 7.

Tabel 1. Tabel basis aturan

u1 \ u2	Dingin (NH)	Sejuk (NL)	Sedang (Z)	Panas (PL)	Sangat Panas (PH)
Sangat Sedikit (NH)	VL	VL	L	H	H
Sedikit (NL)	VL	VL	M	H	VH
Sedang (Z)	VL	L	M	H	VH
Banyak (PL)	VL	L	M	VH	VH
Sangat Banyak (PH)	L	L	H	VH	VH



Gambar 7. Fungsi permukaan basis aturan

Jika disajikan dalam bentuk bahasa pemrograman, basis aturan pada Tabel 1 akan menjadi sebagai berikut:

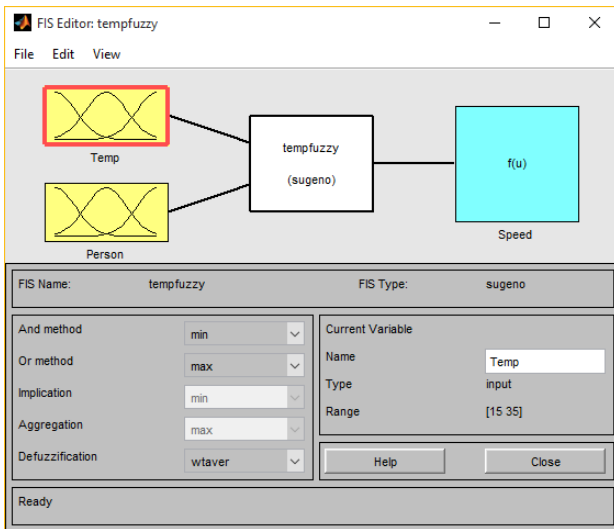
1. `if (temp = VL && person = VL){speed = VL}`
2. `if (temp = VL && person = L){speed = VL}`
3. `if (temp = VL && person = M){speed = VL}`
4. `if (temp = VL && person = H){speed = VL}`
5. `if (temp = VL && person = VH){speed = L}`
6. `if (temp = L && person = VL){speed = VL}`
7. `if (temp = L && person = L){speed = VL}`
8. `if (temp = L && person = M){speed = L}`
9. `if (temp = L && person = H){speed = L}`

10. `if (temp = L && person = VH){speed = L}`
11. `if (temp = M && person = VL){speed = L}`
12. `if (temp = M && person = L){speed = M}`
13. `if (temp = M && person = M){speed = M}`
14. `if (temp = M && person = H){speed = M}`
15. `if (temp = M && person = VH){speed = H}`
16. `if (temp = H && person = VL){speed = H}`
17. `if (temp = H && person = L){speed = H}`
18. `if (temp = H && person = M){speed = H}`
19. `if (temp = H && person = H){speed = VH}`
20. `if (temp = H && person = VH){speed = VH}`
21. `if (temp = VH && person = VL){speed = H}`
22. `if (temp = VH && person = L){speed = VH}`
23. `if (temp = VH && person = M){speed = VH}`
24. `if (temp = VH && person = H){speed = VH}`
25. `if (temp = VH && person = VH){speed = VH}`

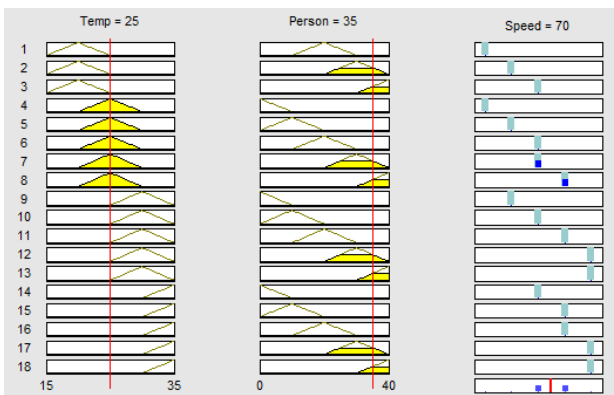
IV. IMPLEMENTASI

A. Simulasi

Simulasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang dirancang sebelum diuji pada perangkat keras. Selain itu, hasil simulasi juga dapat dijadikan sebagai acuan dan perbandingan terhadap hasil pengujian perangkat keras. *Fuzzy Logic Toolbox* pada MATLAB digunakan sebagai perangkat lunak untuk simulasi. Tampilan dari perangkat simulasi dapat dilihat pada Gambar 8. Pada perangkat tersebut, kita dapat merancang fungsi keanggotaan masukan dan keluaran sesuai dengan metode defuzzifikasi. Setelah itu, basis aturan dapat dimasukkan melalui menu *Edit Rules*. Kemudian hasil dari simulasi dapat dilihat pada menu *View Rules* seperti pada Gambar 9.



Gambar 8. *Fuzzy Logic Toolbox*



Gambar 9. Hasil simulasi

B. Realisasi Purwarupa

Realisasi dari purwarupa yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11. Pada Gambar 10, sensor yang digunakan digantikan dengan sebuah potensiometer. Suhu dan banyaknya orang dalam ruangan diasumsikan dengan putaran dari potensiometer tersebut. Pada Gambar 11, sensor yang digunakan adalah sensor yang sebenarnya. Untuk pendeteksi suhu ruangan digunakan sensor LM35, sedangkan banyaknya orang dalam ruangan dideteksi dengan menggunakan *photodiode*. Untuk pengujian suhu ruangan, digunakan pendinginan dengan cara mendekatkan sensor dengan bongkahan es dan kondisi panas diuji menggunakan api. Dua unit *photodiode* berfungsi untuk pendeteksian orang yang masuk dan keluar dari ruangan. Walau bagaimanapun, desain purwarupa ini masih dapat ditingkatkan ke dalam realisasi sebenarnya.

C. Hasil Pengujian

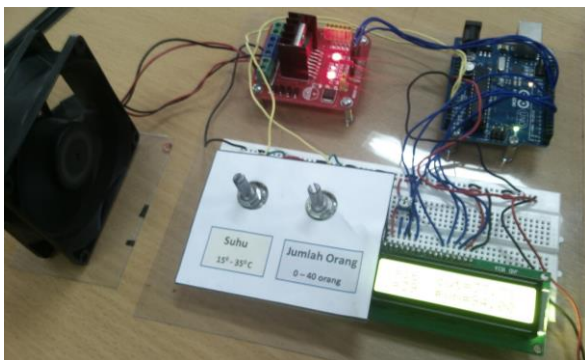
Purwarupa yang dirancang selanjutnya diuji dan dibandingkan hasilnya dengan simulasi pada MATLAB. Pengujian dilakukan pada kedua purwarupa. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil pengujian purwarupa pertama

Pengujian Ke-	Masukan		Keluaran (PWM)		Error (%)
	Suhu (°C)	Jml. Orang	Simulasi	Purwarupa	
1	15	2	20	20	0,00
2	20	37	40	40	0,00
3	33	9	92	90	2,17
4	21	39	49	48,3	1,42
5	31	14	85	85,7	0,82
6	26	20	64	64	0,00
7	20	26	40	40	0,00
8	17	31	28	30	7,14
9	32	34	100	100	0,00
10	16	39	37,7	38,3	1,59
Rata-rata					1,31

Tabel 3. Hasil pengujian purwarupa kedua [8]

Pengujian Ke-	Masukan		Keluaran		Error (%)
	Suhu	Jml. Orang	Simulasi	Purwarupa	
1	26	2	107	109	1,86
2	26	13	153	153	0,00
3	22	2	62	73	17,74
4	21	13	61,2	61	0,32
5	16	2	51	51	0,00
6	17	13	53	61	15,09
7	31	2	204	204	0,00
8	31	13	194	183	5,67
9	35	2	214	214	0,00
10	35	19	255	255	0,00
Rata-rata					4,06



Gambar 10. Realisasi purwarupa pertama



Gambar 11. Realisasi purwarupa kedua [8]

Dari sepuluh data pengujian pada Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan bahwa purwarupa pertama mampu mengendalikan suhu ruangan dengan rata-rata kesalahan lebih kecil dari purwarupa kedua jika dibandingkan dengan simulasi MATLAB. Hal ini

terjadi karena pada purwarupa pertama sensor yang digunakan masih diasumsikan menggunakan potensiometer sehingga data yang dihasilkan lebih akurat. Pada purwarupa kedua, sensor yang digunakan adalah sensor yang sebenarnya dengan spesifikasi yang sederhana. Walaupun demikian, dengan meningkatkan spesifikasi sensor dan pengolahan sinyal yang baik, besarnya nilai kesalahan akan dapat diminimalisasi untuk keperluan realisasi pada kondisi aktual.

V. KESIMPULAN

Desain FLC untuk sistem pengendalian suhu ruangan telah berhasil dilakukan dan diimplementasikan dalam bentuk purwarupa. Dua unit purwarupa dirancang dengan perbedaan pada sensor masukannya. Purwarupa pertama menggunakan sensor yang masih diasumsikan, sedangkan yang kedua menggunakan sensor sebenarnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa purwarupa sistem pertama dan kedua mampu mengendalikan suhu ruangan dengan rata-rata kesalahan berturut-turut 1,31% dan 4,06% jika dibandingkan dengan simulasi MATLAB. Hal ini terjadi karena purwarupa kedua menggunakan sensor yang sebenarnya dengan tingkat akurasi data yang kurang.

REFERENSI

- [1] P. Singhala, dkk, "Temperature Control using Fuzzy Logic", *International Journal of*

- Instrumentation and Control Systems (IJICS)*, Vol. 4 No. 1, 2014
- [2] Kartina D., Zulfa N., “Penerapan Inferensi Fuzzy untuk Kendali Suhu Ruangan pada Pendingin Ruangan”, *Seminar Nasional Informatika (SemnasIF)*, 2010
- [3] Er. Rakesh K., et al, “Intelligent Fuzzy Hybrid PID Controller for Temperature Control in Procces Industry”, *The 5th IEEE International Conference on Advance Computing and Communication Technologies (ICACCT)*, 2011
- [4] Jay Kumar, et al. “Comparative Analysis of Room Temperature Controller using Fuzzy Logic and PID”, *Advance in Electronic and Electric Engineering*, Vol. 3 No. 7, 2013
- [5] R.M. Aguilar., et al, “Control Application Using Fuzzy Logic: Design of a Fuzzy Temperature Controller”, *Fuzzy Inference System – Theory and Applications, Intechopen*, 2012
- [6] Lizawati, “Automatic Room Temperature Control”, Project Report, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 2013
- [7] Eko Joni P., dkk. “Sistem Pengendali Pemanas Pemanggang Kopi Menggunakan Logika Fuzzy”, *INKOM*, Vol. 10 No. 2, November 2016
- [8] Agus F. dan Adnan R., “Rancang Bangun Purwarupa Sistem Kendali Suhu Ruangan Menggunakan Logika Fuzzy”, *Tugas Akhir Diploma Politeknik Sukabumi*, 2016

