

PERANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN SUHU PADA PROTOTYPE GREEN HOUSE BERBASIS KENDALI LOGIKA FUZZY

Mulkan Azizi^{*)}, Sumardi^{**)}, Munawar Agus R^{***)}

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

E-mail: mulkanazizi@gmail.com, E-mail: sumardi.undip@gmail.com, E-mail: munawar@undip.ac.id

Abstrak

Proses budidaya dan penelitian tanaman selama ini dilakukan pada kondisi iklim yang sesuai dengan tanaman. Hal tersebut akan menjadi masalah bagi orang yang ingin melakukan proses budidaya dan penelitian suatu tanaman di daerah yang tidak sesuai dengan kondisi iklim dari tanaman. Green House merupakan media yang tepat untuk proses rekayasa suhu dan budidaya tanaman. Sistem ini menggunakan prinsip heat exchanger yang dikombinasi dengan elemen peltier dan dimodifikasi sedemikian rupa sehingga menjadi media penghasil udara dingin. Dalam sistem ini, SHT11 digunakan sebagai sensor pembaca suhu. Logika fuzzy diterapkan untuk mengolah data pembacaan suhu dari sensor yang akan digunakan sebagai kendali kecepatan motor cooling fan DC supaya suhu ruangan tetap pada referensi yang diinginkan. Dari berbagai perbandingan pengujian yang dilakukan secara keseluruhan respon sistem plant kendali suhu menggunakan logika fuzzy menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kendali PI metode Ziegler-Nichols dengan selisih nilai waktu naik (Tr) dan waktu penetapan (Ts) pada metode kendali logika fuzzy dan PI di tiap pengujian mempunyai selisih nilai waktu naik (Tr) 12 detik, 18 detik, 6 detik dan 80 detik sedangkan selisih waktu penetapan (Ts) di tiap pengujian adalah 26 detik, 18 detik, 15 detik dan 54 detik.

Kata kunci: Green House, Suhu, Iklim, SHT11, Logika Fuzzy.

Abstract

The process of cultivation and crop research has been conducted in accordance with the climatic conditions of the plants. This becomes a problem for people who want to make the process of cultivation and research of a plant in an area that does not fit with the climatic conditions of the plants. Green House is an excellent medium for manipulation process of temperature and plants cultivation. This system uses the principle of heat exchanger that combined with peltier elements and modified in a such way to become a cold air-producing medium. In this system, SHT11 is used as a temperature reader sensor. Fuzzy logics applied to process the temperature reading data from the sensor that will be used as a motor speed control of DC cooling fan, so the room temperature remains at the desired reference. From the various over all comparison tests that performed, the response of plant system temperature control using fuzzy logics shows that the result tend to be better than the Ziegler-Nichols'PI control method by the difference in the value of the rise time (Tr) and the determination time (Ts) on methods of control logic fuzzy and PI in each test has a difference of rise time (Tr) 12 seconds, 18 seconds, 6 seconds and 80 seconds while the difference settling time (Ts) in each test was 26 seconds, 18 seconds, 15 seconds and 54 seconds.

Keywords: Green House, Temperature, Climate, SHT11, Fuzzy Logic.

1. Pendahuluan

Proses budidaya dan penelitian tanaman selama ini dilakukan pada kondisi iklim yang sesuai dengan tanaman. Jika tanaman dipindah ke daerah dengan kondisi lingkungan iklim yang berbeda maka tanaman tersebut tidak dapat tumbuh dan berkembang dengan baik atau mungkin bisa mati. Hal ini menjadi masalah bagi orang yang ingin melakukan proses budidaya dan penelitian suatu tanaman di daerah yang tidak sesuai dengan kondisi

(iklim) dari tanaman. Untuk mengatasi permasalahan ini, maka dapat dibuat suatu iklim buatan yang sesuai dengan kondisi iklim asal tanaman^[1].

Pada penelitian ini dirancang suatu alat berupa prototype Green House yang terdiri dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) untuk merekayasa salah satu parameter iklim dalam rumah tanaman (Green House) yaitu suhu udara. Alat ini dirancang agar tanaman dataran tinggi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik

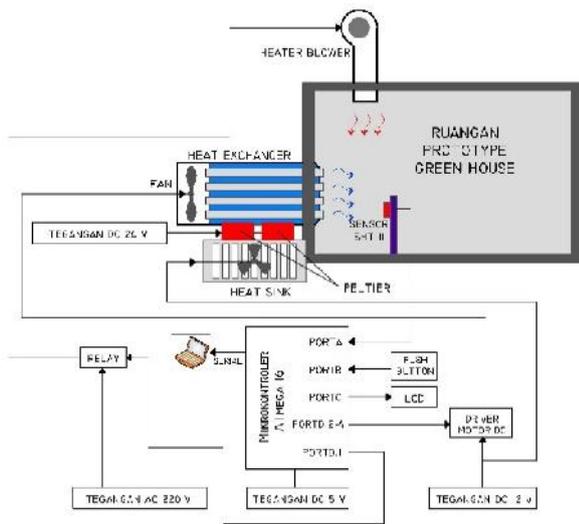
di dataran rendah dengan mengondisikan suhu seperti pada lingkungan dataran tinggi menggunakan sistem pendingin yang ramah lingkungan dan terjangkau daripada AC dengan metode pengontrolan menggunakan logika fuzzy yang lebih stabil dalam proses pengontrolannya.

Penelitian ini merancang aplikasi kontrol pada plant prototype sederhana Green House dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16 dan kendali logika fuzzy sebagai metode kontrol.

2. Metode

Sistem pengendali suhu ini menggunakan kontrol logika fuzzy yang ditanamkan pada mikrokontroler ATmega 16. Input pengontrolan berasal dari hasil pembacaan suhu pada sensor SHT11 kemudian diolah menggunakan mikrokontroler dan hasil pengolahan berupa sinyal kontrol yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor DC kipas.

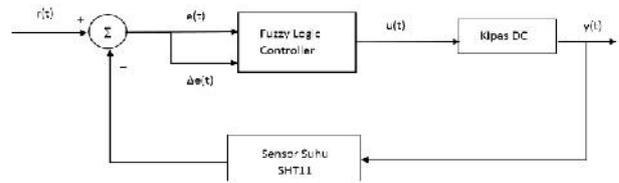
2.1. Rancangan Perangkat Keras



Gambar 1 Rancangan hardware plant pengendali suhu ruangan prototype green house

2.2. Perancangan Pengendali Logika Fuzzy

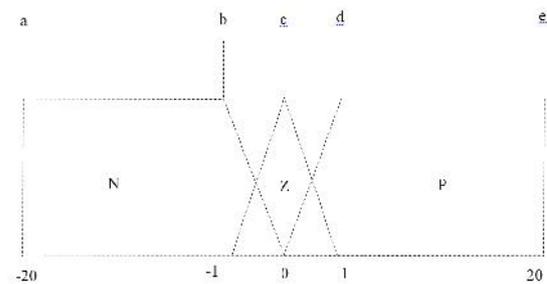
Pada penelitian ini kendali yang digunakan adalah fuzzy logic yang menghasilkan sinyal kontrol PWM untuk menggerakkan aktuator berupa kipas DC. Masukan dari pengendali fuzzy logic adalah error dan perubahan error. Masing masing masukan terdiri dari 3 fungsi keanggotaan (membership function) yang telah diatur di dalam pengendali logika fuzzy. Diagram blok pengendali dapat dilihat seperti Gambar 2.



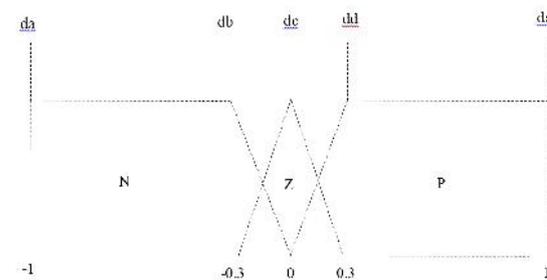
Gambar 2 Diagram blok sistem pengendalian suhu pada prototype Green House

2.2.1 Perancangan Fungsi Keanggotaan

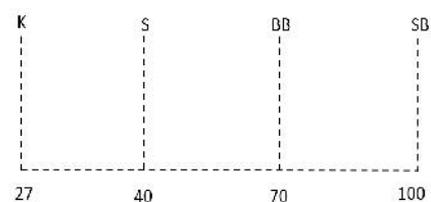
Pengendali fuzzy yang dirancang memiliki dua buah masukan yaitu error dan perubahan error. Himpunan fuzzy untuk masukan error dan perubahan error, masing-masing dibagi menjadi 3 kelas untuk error dan 3 kelas untuk perubahan error. Himpunan fuzzy untuk keluarannya dibagi dalam 3 tingkat sinyal kontrol yang berbentuk discrete, nama linguistik ketiga tingkatan ini adalah parameter. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan perancangan bentuk dan batasan masukan error dan perubahan error.



Gambar 3 Perancangan keanggotaan error



Gambar 4 Perancangan keanggotaan perubahan error



Gambar 5 Perancangan keanggotaan output

Perancangan masukkan error mempunyai data tegas antara -20 sampai 20 dan perubahan error -1 sampai 1, masukan error dipetakan dalam nilai linguistik menjadi 3 kelas yaitu Negatif (N), Zero (Z), Positif (P) dan untuk masukan perubahan error dipetakan dalam nilai linguistik menjadi 3 kelas Negatif (N), Zero (Z), Positif (P). Derajat keanggotaan bernilai 0 sampai 1. Sedangkan pada Gambar 3.5 merupakan perancangan keanggotaan output dari logika fuzzy. Perancangan keanggotaan output ini dibagi dalam 4 tingkat yang berbentuk discrete, nama linguistik keempat tingkatan ini adalah parameter. Keempat parameter keluaran tersebut K (kecil), S (sedang), BB (besar), SB (sangat besar). Untuk nilai K bernilai 27, S bernilai 40, BB bernilai 70, dan SB bernilai 100.

2.2.2 Perancangan Rule Base (Basis Pengetahuan)

Pada penelitian ini perancangan rule base dan pengambilan keputusan terdiri dari dua masukan dan satu keluaran. Eksekusi aturan diproses menggunakan implikasi yang akan mengambil nilai paling minimal dari kedua masukan yaitu sinyal derajat keanggotaan error dan perubahan error dan juga menentukan konstanta parameter keluaran yang digunakan. Input error dan perubahan error masing-masing mempunyai tiga membership functions. Karena terdiri dari 2 masukan dan tiap masukan memiliki 3 membership functions, maka aturan yang mungkin terjadi adalah 9 aturan. Aturan aturan tersebut bisa dilihat di dalam Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 1 Perancangan aturan fuzzy

error		error		
		N	Z	P
error	N	K (w1)	K (w2)	SB (w3)
	Z	K (w4)	K (w5)	SB (w6)
	P	SB (w7)	BB (w8)	SB (w9)

Dari Tabel 1, dapat dibuat aturan:

- if Error is N AND Error is N then Output = K
- if Error is N AND Error is Z then Output = K
- if Error is N AND Error is P then Output = SB
- if Error is Z AND Error is N then Output = K
- if Error is Z AND Error is Z then Output = K
- if Error is Z AND Error is P then Output = BB
- if Error is P AND Error is N then Output = SB
- if Error is P AND Error is Z then Output = SB
- if Error is P AND Error is P then Output = SB

Dari setiap keadaan hubungan antara Error dan Error diberikan indeks berupa w1 sampai dengan w9 sehingga memudahkan dalam pemrograman pada bahasa C.

2.2.3 Perancangan Mekanisme Defuzifikasi

Perancangan mekanisme defuzifikasi pada penelitian ini menggunakan output berupa konstanta. Keluaran dari logika fuzzy ini dibagi dalam 4 tingkat yang berbentuk discrete, nama linguistik keempat tingkatan ini adalah parameter. Keempat parameter keluaran tersebut K (kecil), S (sedang), BB (besar), SB (sangat besar). Untuk nilai K bernilai 27, S bernilai 40, BB bernilai 70, dan SB bernilai 100.

Perancangan defuzifikasi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan penalaran metode sugeno (Weight of Average). Digunakannya metode ini karena dalam sistem dibutuhkan proses yang cepat dan berlangsung kontinyu. Pada metode ini nilai crisp keluarannya diperoleh berdasarkan titik berat dari kurva hasil proses pengambilan keputusan yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Output} = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \tag{3.1}$$

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Pembacaan Sensor SHT 11

Pengujian pembacaan sensor SHT 11 dilakukan dengan mengukur suhu pada plant yang dibandingkan dengan pembacaan pada alat ukur thermometer.

Tabel 2 Hasil perbandingan suhu termometer dengan pembacaan sensor SHT11

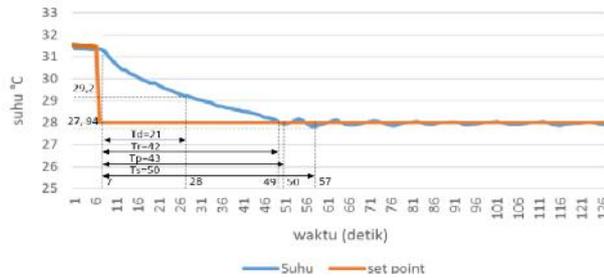
Suhu Termometer (°C)	Sensor SHT 11 (°C)	Error(°C)
31,1	31,2	0,1
31,3	31,3	0
32,2	32,2	0
32,2	32,3	0,1
32,4	32,5	0,1
32,5	32,7	0,2
32,9	32,9	0
33,1	33,1	0
33,5	33,6	0,1
33,8	33,8	0
<i>Error rata-rata</i>		0,6

Dari data pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa dari sepuluh kali pengambilan data antara pembacaan sensor SHT11 dengan thermometer didapatkan selisih rata-rata sebesar 0,06 oC. sehingga pembacaan sensor untuk mendeteksi besarnya suhu ruangan prototype green house dapat dikatakan akurat dimana presentase kesalahan rata-rata pembacaan sensor SHT11 adalah 6%.

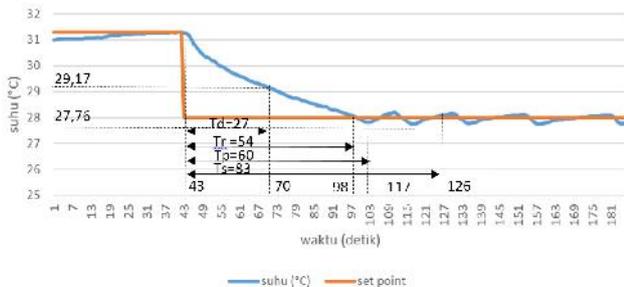
3.2 Pengujian Respon Sistem

3.2.1 Pengujian Respon Sistem dengan Referensi Tetap

Pengujian dengan nilai referensi tetap dilakukan dengan memberikan referensi suhu 28°C.



Gambar 6 Analisis respon sistem referensi tetap kontrol fuzzy (28°C)



Gambar 7 Analisa respon sistem referensi tetap kontrol PI (28°C)

Tabel 3 Perbandingan respon sistem dengan referensi tetap

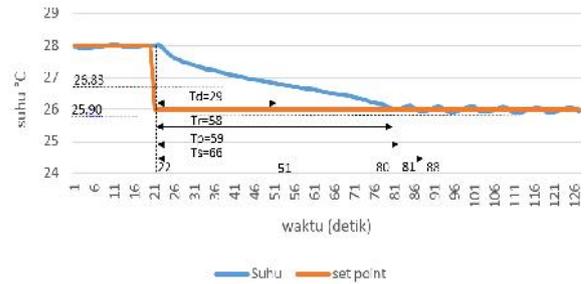
Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik (t _r)	Waktu Penetapan (t _s)
I	FUZZY	28	42s	57 s
II	PI	28	54 s	83 s

Pada Tabel 3 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan kontrol fuzzy dan PI dengan penalaan Ziegler-Nichols. Pada metode fuzzy diperoleh waktu naik (Tr) sebesar 42 detik, waktu penetapan (Ts) sebesar 57 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik (Tr) sebesar 54 detik, lewatan maksimum (Mp) 0% dan waktu penetapan (Ts) sebesar 83 detik.

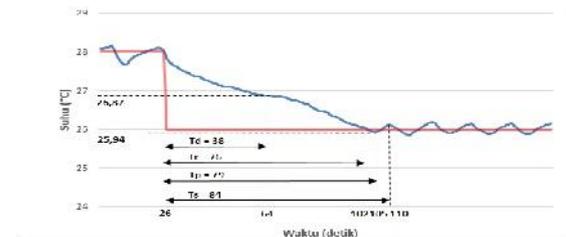
Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan kontrol fuzzy lebih baik dari PI. Hal ini terlihat dari waktu naik respon (Tr) dan waktu penetapan (Ts) pada kontrol fuzzy yang lebih cepat dibanding PI.

3.2.2 Pengujian Respon Sistem dengan Referensi Turun

Pengujian dengan penurunan nilai referensi dilakukan dengan memberikan referensi dari suhu 28°C turun menjadi 26°C.



Gambar 8 Analisis respon sistem referensi turun kontrol fuzzy (28°C - 26°C)



Gambar 9 Analisis respon sistem referensi turun kontrol PI (28°C - 26°C)

Tabel 4 Perbandingan respon sistem dengan referensi turun

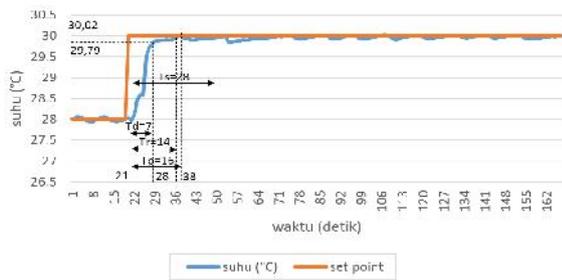
Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik (t _r)	Waktu Penetapan (t _s)
I	FUZZY	26	58s	66 s
II	PI	26	76 s	84 s

Pada Tabel 4 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan kontrol fuzzy dan PI dengan penalaan Ziegler-Nichols. Pada metode fuzzy diperoleh waktu naik (Tr) sebesar 58 detik, waktu penetapan (Ts) sebesar 66 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik (Tr) sebesar 76 detik, lewatan maksimum (Mp) 0% dan waktu penetapan (Ts) sebesar 84 detik.

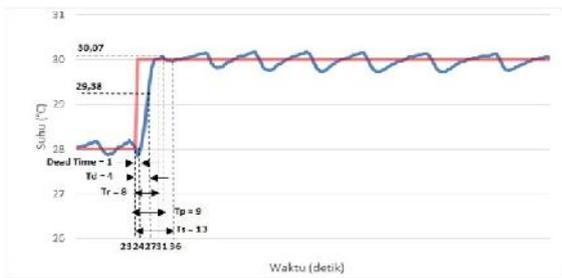
Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan kontrol fuzzy lebih baik dari kontrol PI. Hal ini terlihat dari waktu naik respon (Tr) dan waktu penetapan (Ts) pada kontrol fuzzy yang lebih cepat dibanding PI.

3.2.3 Pengujian Respon Sistem dengan Referensi Naik

Pengujian dengan kenaikan nilai referensi dilakukan dengan memberikan referensi dari suhu 28°C naik menjadi 30°C.



Gambar 10 Analisis respon sistem referensi naik kontrol fuzzy (28°C - 30°C)



Gambar 11 Analisa respon sistem pada referensi naik PI(28°C - 30°C)

Tabel 5 Perbandingan respon sistem dengan referensi naik

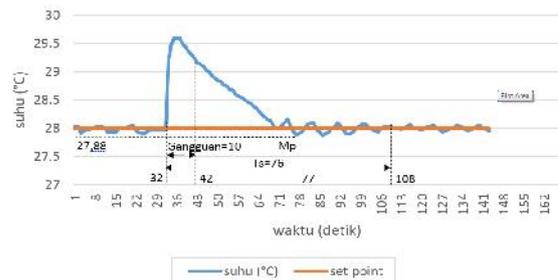
Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik (tr)	Waktu Penetapan (ts)
I Fuzzy	30	28	14s	28 s
II PI	30	28	8s	13s

Pada Tabel 5 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan kontrol fuzzy dan kontrol PI dengan penalaan Ziegler-Nichols. Pada metode fuzzy diperoleh waktu naik (T_r) sebesar 14 detik dan waktu penetapan (T_s) sebesar 28 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik (t_r) sebesar 8 detik, waktu penetapan (t_s) sebesar 13 detik.

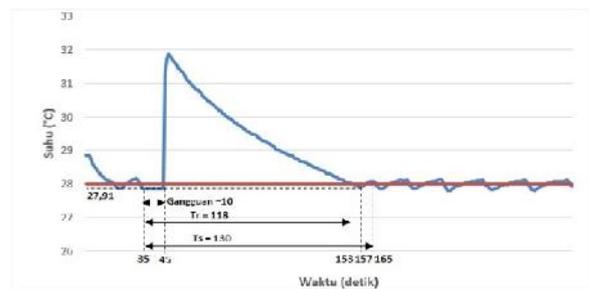
Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan kontrol fuzzy lebih baik dari kontrol PI. Hal ini terlihat dalam osilasi sistem dimana osilasi respon pada PI lebih besar, meskipun dari waktu naik respon (T_r) dan waktu penetapan (T_s) pada kontrol PI sedikit lebih cepat dibandingkan respon sistem dengan kontrol fuzzy. Hal ini disebabkan pada kenaikan suhu yang berperan besar yaitu heater blower dengan kontrol on-off.

3.2.4 Pengujian Respon Sistem dengan Gangguan

Pengujian respon sistem terhadap pengaruh gangguan dilakukan dengan memberikan gangguan sesaat pada sistem. Gangguan yang diberikan sesaat pada sistem dengan mengalirkan udara panas yang berasal dari heater blower selama 10 detik saat sistem telah mencapai keadaan stabil.



Gambar 12 Analisis respon sistem terhadap gangguan kontrol fuzzy (28°C)



Gambar 13 Analisis respon sistem terhadap gangguan kontrol PI (28°C)

Tabel 6 Perbandingan respon sistem dengan gangguan

Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik (tr)	Waktu Penetapan (ts)
I FUZZY	28	10s	38s	76s
II PI	28	10s	118s	130s

Pada Tabel 6 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan kontrol fuzzy dan PI dengan penalaan Ziegler-Nichols. Pada metode fuzzy diperoleh waktu naik (t_r) sebesar 38 detik, lewat maksimum (M_p) 0% dan waktu penetapan (t_s) sebesar 76 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik (t_r) sebesar 118 detik, waktu penetapan (t_s) sebesar 130 detik.

Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan kontrol fuzzy lebih baik dari PI. Hal ini terlihat dari waktu naik respon (T_r) dan waktu penetapan (T_s) pada kontrol fuzzy lebih cepat dibandingkan respon sistem dengan kontrol PI.

Secara keseluruhan respon sistem *Plant* kendali suhu dengan kontrol *fuzzy* menunjukkan hasil yang paling baik pada pengujian sistem dengan gangguan karena selisih waktu naik respon (T_r) dan waktu penetapan (T_s) pada kontrol *fuzzy* lebih besar dibandingkan kontrol PI sehingga respon sistem menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam mencapai waktu naik respon (T_r) dan waktu penetapan (T_s). Sedangkan respon yang kurang baik ditunjukkan pada pengujian sistem dengan referensi naik karena waktu naik respon (T_r) dan waktu penetapan (T_s) pada kontrol PI lebih cepat dibandingkan respon sistem dengan kontrol *fuzzy* pada pengujian yang lainnya

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat perangkat keras untuk mensimulasikan sistem pengendalian suhu pada *prototype green house* menggunakan logika *fuzzy* dengan pengujian pada referensi tetap 28°C. Pada pengujian dengan menggunakan metode kontrol *fuzzy* diperoleh waktu naik (Tr) 42 detik dan waktu penetapan (Ts) 57 detik, sedangkan dengan kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik (Tr) 54 detik dan waktu penetapan (Ts) 83 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian dengan referensi tetap dengan metode kontrol *fuzzy* memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.
2. Respon kendali suhu pada penurunan referensi dari 28°C menjadi 26°C untuk metode kontrol *fuzzy* diperoleh waktu naik (Tr) 58 detik dan waktu penetapan (Ts) 66 detik, sedangkan dengan kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik (Tr) 76 detik dan waktu penetapan (Ts) 84 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian dengan referensi turun dengan metode *fuzzy* memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.
3. Respon kendali suhu pada kenaikan referensi dari 28°C menjadi 30°C untuk metode kontrol *fuzzy* diperoleh waktu naik (Tr) 14 detik dan waktu penetapan (Ts) 28 detik, sedangkan dengan kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik (Tr) 8 detik dan waktu penetapan (Ts) 13 detik. Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan kontrol *fuzzy* lebih baik dari PI. Hal ini terlihat dalam osilasi sistem dimana osilasi respon pada PI lebih besar, meskipun dari waktu naik respon (t_r) dan waktu penetapan (t_s) pada kontrol PI sedikit lebih cepat dibandingkan respon sistem dengan kontrol *fuzzy* ini dikarenakan pada kenaikan suhu untuk mencapai referensi yang berperan yaitu heater blower dengan kontrol on-off.
4. Respon kendali suhu pada terhadap gangguan luar berupa panas selama 10 detik pada suhu 28°C untuk metode kontrol *fuzzy* diperoleh waktu naik (Tr) 38 detik dan waktu penetapan (Ts) 76 detik, sedangkan dengan kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik (Tr) 118 detik dan waktu penetapan (Ts) 130 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian terhadap gangguan dengan metode kontrol *fuzzy* memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.
5. Secara keseluruhan pengujian yang dilakukan dengan kontrol *fuzzy* menunjukkan respon sistem yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* ($K_p = 69,3$; $T_i = 3,3$; $T_d = 0$). Hal ini terlihat dari waktu naik (Tr) dan waktu penetapan (Ts) pada kontrol *fuzzy* yang cenderung lebih cepat dibandingkan dengan kontrol PI dalam keseluruhan pengujian yang telah dilakukan.

Referensi

- [1]. Sunardi, "Sistem Pengaturan Intensitas Cahaya Pada Iklim Buatan Dalam Rumah Kaca (*Greenhouse*)", Proyek akhir sarjana Elektronika Undip, Semarang, 2004.
- [2]. Yahya, Sofian, "Desain Otomatisasi Sistem Pengendalian Temperatur Dan Kelembaban Green House", Kelompok Bidang Keahlian Pengendalian Daya & Mesin Listrik, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, 2011.
- [3]. A. H. K Al-tae, "Comparative Study of Temperature Control in a Heat Exchanger Process Afraa Hilal Kamel Al-Tae, " no. March, 2011.
- [4]. Taylor, R.A., Solbrekken, G., *Comprehensive system-level optimization of thermoelectric devices for electronic cooling applications*, Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on (Volume:31 , Issue: 1)
- [5]. ---, *SHT-11 Data Sheet*, [http:// www.Sensirion.com/SHT-11.pdf](http://www.Sensirion.com/SHT-11.pdf), September 2014.
- [6]. Jun Yan, Michael Ryan and James Power, "Using Fuzzy Logic", Prentice Hall, New York, 1994.