

# PERANCANGAN SISTEM PEGENDALI SUHU PADA *PROTOTYPE GREEN HOUSE* DENGAN METODE TUNING PID MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN

Ajib Abdurrachman<sup>\*)</sup>, Sumardi<sup>\*\*)</sup>, Munawar Agus R<sup>\*\*\*)</sup>

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

<sup>\*)</sup>E-mail: [ajibrahman25@gmail.com](mailto:ajibrahman25@gmail.com), <sup>\*\*)</sup>E-mail: [sumardi.undip@gmail.com](mailto:sumardi.undip@gmail.com), <sup>\*\*\*)</sup>E-mail: [munawar@undip.ac.id](mailto:munawar@undip.ac.id)

## Abstrak

Semakin berkembangnya teknologi terutama pada bidang pertanian menuntut adanya sistem kendali yang baik supaya dapat menunjang proses sekaligus untuk dapat meningkatkan efisiensi dalam menghasilkan produk yang unggul. Salah satu perkembangan teknologi dalam dunia pertanian yaitu adanya *Green House* atau rumah tanaman. Dalam dunia pertanian, lingkungan menjadi faktor terpenting karena kondisi lingkungan akan mempengaruhi keberhasilan kualitas dan kuantitas produksi. Oleh sebab itu kondisi lingkungan pertanian sangat diperhatikan sesuai dengan jenis tanamannya. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan adalah suhu lingkungan. Faktor tersebut bisa direkayasa untuk mendapatkan kondisi lingkungan optimal bagi pertumbuhan tanaman agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan baik guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Sistem ini menggunakan prinsip *heat exchanger* yang dimodifikasi sedemikian rupa sehingga menjadi media penghasil udara dingin, yang mana SHT-11 digunakan sebagai sensor pembaca suhu. Berdasarkan suhu yang diterima, kemudian jaringan saraf tiruan akan menentukan parameter PID. Parameter tersebut kemudian digunakan sebagai kendali kecepatan *fan* DC agar suhu ruangan tetap pada referensi yang diinginkan. Dari berbagai perbandingan pengujian yang dilakukan secara keseluruhan respon sistem plant kendali suhu dengan kendali *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan tipe *delta rule* menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kendali PID metode *Ziegler-Nichols*.

*Kata kunci: Suhu, SHT-11, Jaringan Saraf Tiruan, PID*

## Abstract

Developments in agriculture technology require the existence of good control systems that can support the process and can increase the efficiency for superior production producing. One of the developments in agriculture technology is Green House or Planting Home. In agriculture, environment is the most important factor because environmental condition will influence product's quality and quantity. Therefore, the environmental condition in agriculture has to be concerned according to different plants. One of factors that can influence environmental condition is ambient temperature. The factor can be engineered, so plants can grow well and it can increase the product's quality and quantity. The final project used Heat Exchanger principle to produce controlled air temperature, where the SHT-11 was used as the temperature sensor reader. Based on sensed temperature, an artificial neural network will determine PID parameter. Then the parameter was used as a motor cooling fan DC speed controller so that temperature will be in desired reference. Overall, the respond of planting technique that uses temperature controller with tuning PID control that uses artificial neural network shows a better compared to that of PID control with Ziegler-Nichols method.

*Keyword: Temperature, SHT-11, Artificial Neural Network, PID*

## 1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya teknologi terutama pada bidang pertanian menuntut adanya sistem kendali yang baik supaya dapat menunjang proses sekaligus untuk dapat meningkatkan efisiensi dalam menghasilkan produk yang unggul. Salah satu perkembangan teknologi dalam dunia

pertanian yaitu adanya *Green House*. Dalam dunia pertanian, lingkungan menjadi faktor terpenting karena kondisi lingkungan akan mempengaruhi keberhasilan kualitas dan kuantitas produksi. Oleh sebab itu kondisi lingkungan pertanian sangat diperhatikan sesuai dengan jenis produknya. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan adalah udara . kondisi udara

ditentukan oleh dua kombinasi faktor yaitu suhu dan kelembaban<sup>[1]</sup>. Kedua faktor tersebut bisa direkayasa untuk mendapatkan kondisi lingkungan optimal bagi pertumbuhan tanaman guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi.

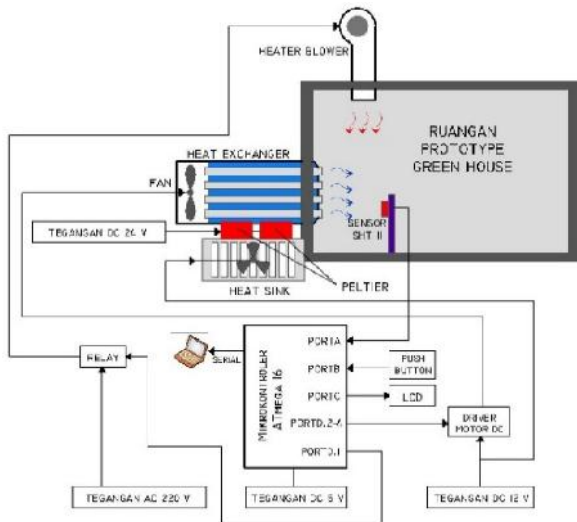
Dalam penelitian ini dirancang alat prototype *Green House* yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak untuk merekayasa iklim pada *Green House* (rumah tanaman)<sup>[2]</sup>. Alat ini dirancang agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang baik dengan mengkondisikan suhu seperti pada lingkungan aslinya menggunakan sistem pendingin yang ramah lingkungan dengan menggunakan jaringan saraf tiruan yang digunakan sebagai tuning parameter PID sebagai proses kontrolnya.

penelitian ini merancang aplikasi kontrol pada plant prototype sederhana *Green House* dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16 dan jaringan saraf tiruan-PID sebagai metode kontrol.

**2. Metode**

Sistem pengendali suhu ini menggunakan kontrol *self-tuning* PID dengan *JST Delta-Rule* yang tertanam pada mikrokontroler ATmega 16. Input pengontrolan berasal dari hasil pembacaan suhu pada SHT11 kemudian diolah menggunakan mikrokontroler dan hasil pengolahan berupa sinyal kontrol akan mengatur kecepatan motor DC kipas.

**2.1 Rancangan Perangkat Keras**



Gambar 2.1 Rancangan hardware plant pengendali suhu ruangan prototype green house

**2.2 Jaringan Saraf Tiruan Model Delta Rule sebagai Tuning PID**

Pada sistem ini jaringan saraf tiruan digunakan sebagai tuning PID. Untuk nilai parameter PID dilakukan dengan

try-error. Dari try-error tersebut maka didapatkan tabel sebagai berikut:

Tabel 2.2 Vektor masukan untuk error

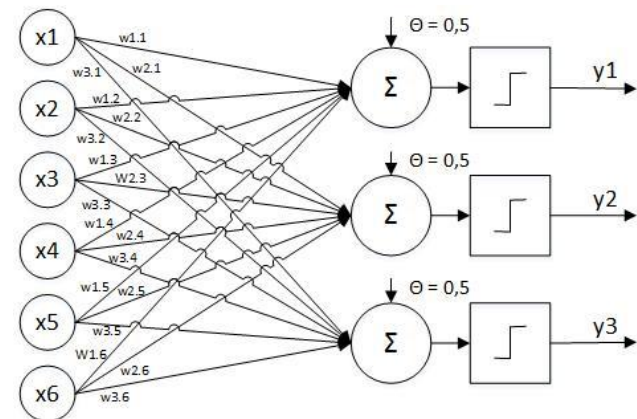
x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	error
1	0	0	> 1,0
0	1	0	0,5-1,0
0	0	1	< 0,5

Tabel 2.3 Vektor masukan untuk derror

x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>	x <sub>6</sub>	derror
1	0	0	> 1,0
0	1	0	0,5-1,0
0	0	1	< 0,5

Tabel 2.4 Target parameter PID

error \ derror	< 0,5	0,5 - 1,0	> 1,0
< 0,5	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>
0,5 - 1,0	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
> 1,0	T <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>



Gambar 2.1 Arsitektur jaringan delta rule.

Setelah mendapatkan vektor masukan dari x<sub>1</sub> hingga x<sub>6</sub>, kemudian vektor masukan tersebut dinyatakan sebagai vektor bipolar sesuai targetnya. Untuk keterangan lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Vektor masukan dan target

Masukan						Target		
X1	X2	X3	X4	X5	X6	t1	t2	t3
1	0	0	1	0	0	1	0	0
0	1	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1

Dari Table 2.5 dapat dimulai proses pembelajaran jaringan. Untuk inialisasi, semua bobot awal diberi nilai 0, threshold  $\theta = 0,5$ , dan  $\alpha = 1$ . Dan lakukan proses pembelajaran untuk target 1, target 2 dan target 3

**Epoch ke-1**

**Data ke-1** ( $x_1=1; x_2=0; x_3=0; x_4=1; x_5=0; x_6=0; t_1=1$ )  
 $w_{1,1}=0; w_{1,2}=0; w_{1,3}=0; w_{1,4}=0; w_{1,5}=0; w_{1,6}=0$

$$y_{in} = \sum_i x_i w_i = 1.0 + 0.0 + 0.0 + 1.0 + 0.0 + 0.0 = 0$$

$$\text{Fungsi aktivasi : } y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 0,5 \\ 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \end{cases}$$

Hasil aktivasi  $y = 0$

$$\text{Error} = (t - y) = 1 - 0 = 1$$

$$\begin{aligned} w_{1,1}(\text{baru}) &= w_{1,1}(\text{lama}) + (t - y)x_1 = 0 + 1.1.1 = 1 \\ w_{1,2}(\text{baru}) &= w_{1,2}(\text{lama}) + (t - y)x_2 = 0 + 1.1.0 = 0 \\ w_{1,3}(\text{baru}) &= w_{1,3}(\text{lama}) + (t - y)x_3 = 0 + 1.1.0 = 0 \\ w_{1,4}(\text{baru}) &= w_{1,4}(\text{lama}) + (t - y)x_4 = 0 + 1.1.1 = 1 \\ w_{1,5}(\text{baru}) &= w_{1,5}(\text{lama}) + (t - y)x_5 = 0 + 1.1.0 = 0 \\ w_{1,6}(\text{baru}) &= w_{1,6}(\text{lama}) + (t - y)x_6 = 0 + 1.1.0 = 0 \end{aligned}$$

**Data ke-2** ( $x_1=0; x_2=1; x_3=0; x_4=1; x_5=0; x_6=0; t_1=0$ )  
 $w_{1,1}=1; w_{1,2}=0; w_{1,3}=0; w_{1,4}=1; w_{1,5}=0; w_{1,6}=0$

$$y_{in} = \sum_i x_i w_i = 0.1 + 1.0 + 0.0 + 1.1 + 0.0 + 0.0 = 1$$

$$\text{Fungsi aktivasi : } y = \begin{cases} 0, & \text{jika } x < 0,5 \\ 1, & \text{jika } x \geq 0,5 \end{cases}$$

Hasil aktivasi  $y = 0$

$$\text{Error} = (t - y) = 0 - 1 = -1$$

$$\begin{aligned} w_{1,1}(\text{baru}) &= w_{1,1}(\text{lama}) + (t - y)x_1 = 1 + 1.(-1).0 = 1 \\ w_{1,2}(\text{baru}) &= w_{1,2}(\text{lama}) + (t - y)x_2 = 0 + 1.(-1).1 = -1 \\ w_{1,3}(\text{baru}) &= w_{1,3}(\text{lama}) + (t - y)x_3 = 0 + 1.(-1).0 = 0 \\ w_{1,4}(\text{baru}) &= w_{1,4}(\text{lama}) + (t - y)x_4 = 1 + 1.(-1).1 = 0 \\ w_{1,5}(\text{baru}) &= w_{1,5}(\text{lama}) + (t - y)x_5 = 0 + 1.(-1).0 = 0 \\ w_{1,6}(\text{baru}) &= w_{1,6}(\text{lama}) + (t - y)x_6 = 0 + 1.(-1).0 = 0 \end{aligned}$$

Proses pembelajaran diatas dilakukan terus menerus hingga semua nilai error (t - y) sama dengan 0 pada setiap data.

Dari proses pembelajaran untuk target 1, target 2, dan target 3 diperoleh bobot dan persamaan  $y_{in_i}$  pada masing-masing target adalah:

- Target 1:

$$w_{1,1}=1; w_{1,2}=-1; w_{1,3}=-1; w_{1,4}=1; w_{1,5}=-1; w_{1,6}=-1$$

$$y_{in_1} = x_1 - x_2 - x_3 + x_4 - x_5 - x_6$$

- Target 2:

$$w_{2,1}=1; w_{2,2}=1; w_{2,3}=-1; w_{2,4}=-1; w_{2,5}=1; w_{2,6}=1$$

$$y_{in_2} = x_1 + x_2 - x_3 - x_4 + x_5 + x_6$$

- Target 3:

$$w_{3,1}=-1; w_{3,2}=0; w_{3,3}=2; w_{3,4}=1; w_{3,5}=0; w_{3,6}=0$$

$$y_{in_3} = -x_1 + 2x_3 + x_4$$

**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.

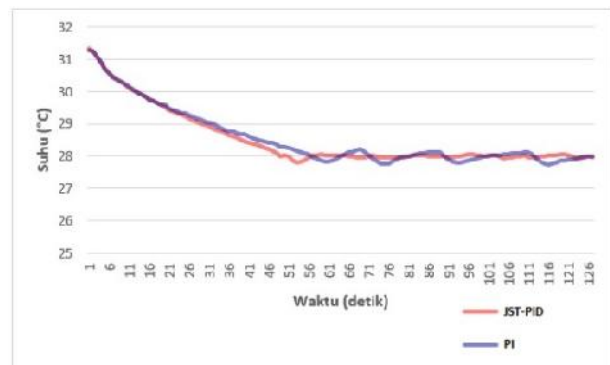
**Tabel 3.1 Hasil perbandingan suhu termometer dengan pembacaan sensor SHT11**

Suhu terukur (°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
Error rata-rata		0,06

**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 3.3 Perbandingan respon sistem referensi tetap.**

**Tabel 3.2 Perbandingan respon sistem dengan referensi tetap**

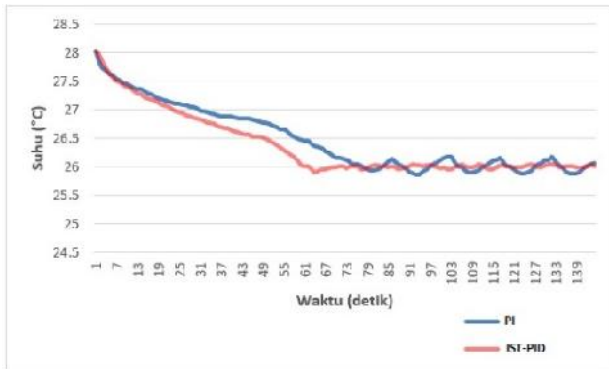
Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik (t <sub>r</sub> )	Waktu Penetapan (t <sub>s</sub> )	
I	JST-PID	28	31,2	48 s	61 s
II	PI	28	31,2	54 s	67 s

Pada Tabel 3.2 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan dan PI dengan penalaan *Ziegler-Nichols*. Pada metode JST-PID diperoleh waktu naik (t<sub>r</sub>) sebesar 48 detik, waktu penetapan (t<sub>s</sub>) sebesar 61 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik (t<sub>r</sub>) sebesar 54 detik, lewat maksimum (M<sub>p</sub>) 0% dan waktu penetapan (t<sub>s</sub>) sebesar 67 detik.

Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan lebih baik dari PI metode *Ziegler-Nichols*. Hal ini terlihat dari waktu naik respon ( $t_r$ ) dan waktu penetapan ( $t_s$ ) yang lebih cepat.

### 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 3.6 Perbandingan respon sistem referensi turun.

Tabel 3.3 Perbandingan respon sistem dengan referensi turun

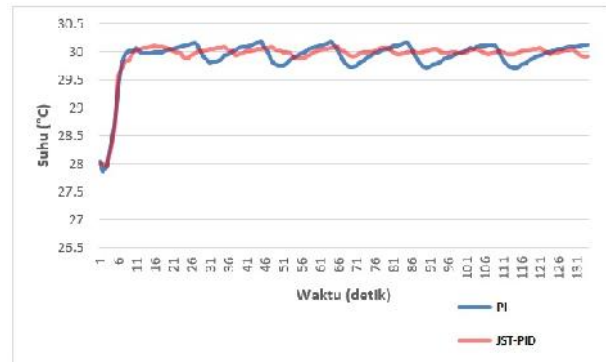
Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik ( $t_r$ )	Waktu Penetapan ( $t_s$ )
I	JST-PID	28	60s	70s
II	PI	28	76s	84s

Pada Tabel 3.3 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan dan PI dengan penalaan *Ziegler-Nichols*. Pada metode JST-PID diperoleh waktu naik ( $t_r$ ) sebesar 60 detik, waktu penetapan ( $t_s$ ) sebesar 70 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik ( $t_r$ ) sebesar 76 detik, lewatan maksimum ( $M_p$ ) 0% dan waktu penetapan ( $t_s$ ) sebesar 84 detik.

Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan lebih baik dari PI metode *Ziegler-Nichols*. Hal ini terlihat dari waktu naik respon ( $t_r$ ) dan waktu penetapan ( $t_s$ ) yang lebih cepat.

### 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 3.9 Perbandingan respon sistem referensi naik.

Tabel 3.4 Perbandingan respon sistem dengan referensi naik

Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik ( $t_r$ )	Waktu Penetapan ( $t_s$ )
I	JST-PID	28	9s	20s
II	PI	28	8s	13s

Pada Tabel 3.4 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan dan PI dengan penalaan *Ziegler-Nichols*. Pada metode JST-PID diperoleh waktu naik ( $t_r$ ) sebesar 9 detik, lewatan maksimum ( $M_p$ ) 0% dan waktu penetapan ( $t_s$ ) sebesar 20 detik, sedangkan pada metode PI diperoleh waktu naik ( $t_r$ ) sebesar 8 detik, waktu penetapan ( $t_s$ ) sebesar 13 detik.

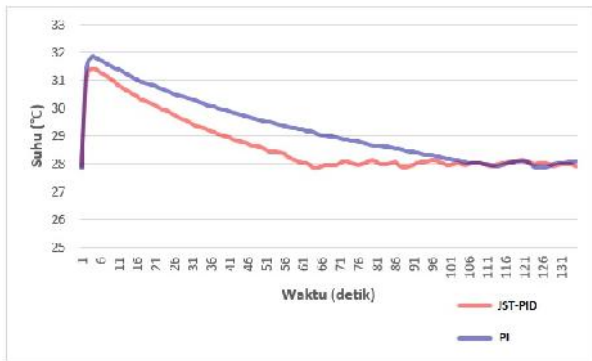
Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan lebih baik dari PI. Hal ini terlihat dalam osilasi sistem dimana osilasi respon pada PI lebih besar, meskipun dari waktu naik respon ( $t_r$ ) dan waktu penetapan ( $t_s$ ) pada kontrol PI metode *Ziegler-Nichols* sedikit lebih cepat dibandingkan respon sistem dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan, ini dikarenakan pada kenaikan suhu untuk mencapai referensi yang berperan 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.

Tabel 3.5 Perbandingan respon sistem dengan gangguan

Metode	Referensi (°C)	Suhu awal (°C)	Waktu Naik ( $t_r$ )	Waktu Penetapan ( $t_s$ )
I	JST-PID	28	95s	82s
II	PI	28	118s	130s



Gambar 3.12 Perbandingan respon sistem dengan gangguan.

Pada Tabel 3.5 diketahui hasil respon sistem untuk pengujian dengan tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan dan PI dengan penalaan *Ziegler-Nichols*. Pada metode JST-PID diperoleh waktu naik ( $t_r$ ) sebesar 95 detik, lewatan maksimum ( $M_p$ ) 0% dan waktu penetapan ( $t_s$ ) sebesar 82 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 tuning PID menggunakan jaringan saraf tiruan lebih baik dari PI metode *Ziegler-Nichols*. Hal ini terlihat dari waktu naik respon ( $t_r$ ) dan waktu penetapan ( $t_s$ ) yang lebih cepat.

#### 4. Kesimpulan

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

1. Telah berhasil dibuat perangkat keras pengendali suhu pada *prototype Green House*.
2. Respon kendali suhu pada referensi tetap 28°C untuk metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 48 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 61 detik, sedangkan dengan parameter PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 54 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 67 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian dengan referensi tetap dengan metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.
3. Respon kendali suhu pada penurunan referensi dari 28°C menjadi 26°C untuk metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 60 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 70 detik, sedangkan dengan parameter PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 76 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 84 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian dengan referensi turun dengan metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.

4. Respon kendali suhu pada kenaikan referensi dari 28°C menjadi 30°C untuk metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 9 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 20 detik, sedangkan dengan parameter PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 8 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 13 detik. Pada pengujian ini terlihat bahwa respon sistem dengan *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan 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 *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan ini dikarenakan pada kenaikan suhu untuk mencapai referensi yang berperan yaitu heater blower dengan kontrol *on-off*.
5. Respon kendali suhu pada terhadap gangguan luar berupa panas selama 10 detik pada suhu 28°C untuk metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 95 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 82 detik, sedangkan dengan parameter PI metode *Ziegler-Nichols* diperoleh waktu naik ( $T_r$ ) 118 detik dan waktu penetapan ( $T_s$ ) 130 detik. Pengujian ini menunjukkan untuk pengujian terhadap gangguan dengan metode kontrol *tuning* PID menggunakan jaringan saraf tiruan memiliki unjuk kinerja yang lebih baik.
6. Secara keseluruhan pengujian yang dilakukan dengan *Tuning* PID menggunakan Jaringan Saraf Tiruan menunjukkan respon sistem yang lebih baik dibandingkan dengan parameter PI metode *Ziegler-Nichols* ( $K_p = 69,3$ ;  $T_i = 3,3$ ;  $T_d = 0$ ). Hal itu dapat dilihat dari nilai waktu naik dan waktu penetapan yang lebih cepat.

#### Referensi

- [1]. A. H. K Al-tae, "Comparative Study of Temperature Control in a Heat Exchanger Process Afraa Hilal Kamel Al-Tae," March, 2011.