

## Simulasi Pengendali Suhu Menggunakan Algoritma *Proportional, Integral, Derivative* Berbasis *Programmable Logic Controller* Pada Modul *Plant Honeywell*

Odillia Kanaya<sup>1</sup>, Melisa Mulyadi<sup>2\*</sup>, Kumala Indriati<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia  
<sup>2</sup> Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta 12930, Indonesia

### Article Info

#### Article history:

Received  
15-12-2023

Accepted  
20-12-2023

#### Keywords:

heater, programmable  
logic controller,  
proportional integral  
derivative, temperature,  
set point

### Abstract

The process of heating in the food industry is often can be found, start from inserting water and the heating process begin to reach a certain temperature, so the process of controlling temperature is one of the important things in the food industry. Temperature controller is an important thing, to maintain certain temperature, so that it did not exceed or lower than needed. This system uses Honeywell programmable logic controller (PLC) as the automation based system. In this research, Honeywell PLC controller will be using proportional, integral, derivative (PID) algorithm to maintain the required temperature. The research will be using the Honeywell module in Automation Laboratorium, Engineering Faculty, Atma Jaya Catholic University of Indonesia. The heating process will begin if the water level in the tank is filled to the required level. System will turn on the heater based on the PID output in the PLC program, so the temperature is maintained to a required setpoint 35°C. The simulation system can be controlled through a human machine interface (HMI) HCix08 that was made with XDesigner Plus software. The maintained temperature has  $\pm 5\%$  tolerance or  $\pm 1,75^\circ\text{C}$ . The result of the research shows that the best parameter for setpoint 35°C is using a PD controller with the values for  $K_p$  is 8 and  $K_d$  is 2.

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diterima:  
15-12-2023

Disetujui:  
20-12-2023

#### Kata Kunci:

heater, programmable  
logic controller,  
proportional integral  
derivative, set point,  
suhu

### Abstrak

Di bidang industri makanan seringkali ditemukan adanya proses pemanasan, mulai dari pengisian air hingga pemanasan air sampai suhu tertentu. Dengan demikian proses pengendalian suhu merupakan hal yang penting dilakukan di industri makanan agar suhu yang diinginkan tidak kurang atau tidak melebihi target suhu yang dibutuhkan saat pemasakan. Proses otomatisasi pengendalian suhu dapat diwujudkan dengan menggunakan programmable logic controller (PLC). Pada penelitian ini, digunakan PLC Honeywell yang dilengkapi algoritma proportional, integral, derivative (PID) untuk mengendalikan suhu air pada modul peraga Honeywell yang berada di Laboratorium Sistem Otomasi dan Kendali, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya. Proses diawali dengan mengisi tangki air pada modul peraga menggunakan pompa sampai level yang sudah ditentukan kemudian dilanjutkan dengan pemanasan. Heater diatur kinerjanya oleh PLC dengan kendali PID, sehingga suhu dapat dijaga secara konstan pada setpoint yang diinginkan, yaitu 35°C dengan toleransi sebesar  $\pm 5\%$  atau sekitar  $\pm 1,75^\circ\text{C}$ . Proses pemanasan yang berlangsung dapat pula dipantau melalui human machine interface (HMI) HCix08 yang dirancang melalui komputer dengan menggunakan software XDesigner Plus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengendali PD memiliki unjuk kerja yang lebih baik dibandingkan PID dalam menjaga kestabilan suhu untuk setpoint 35°C dengan nilai parameter proportional,  $K_p$  sebesar 8 dan parameter diferensial,  $K_d$  sebesar 2.

\* Corresponding author: Melisa Mulyadi  
Email address: [melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id](mailto:melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id)

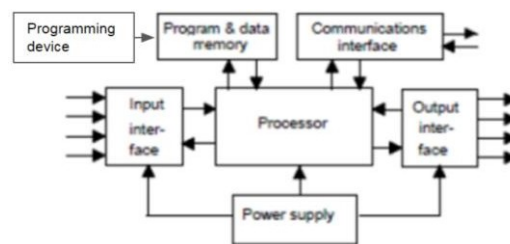
## 1. PENDAHULUAN

Pada industri makanan, proses pemasakan yang terjadi seringkali membutuhkan pengaturan suhu. Bila hal ini dikerjakan oleh tenaga manusia tentu sangat melelahkan sehingga dibutuhkan pengendalian suhu secara otomatis [1]. Sebagai pengendali, pada umumnya di industri menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) agar sistem dapat bekerja secara otomatis. Untuk memahami bagaimana proses otomasi dapat berjalan maka dilakukan penelitian dengan memanfaatkan modul peraga yang terdapat di Laboratorium Otomasi dan Kendali, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya. Sistem yang dibuat adalah sistem pengendali suhu air dengan PLC yang didukung oleh algoritma *Proportional, Integral, dan Derivative* (PID) dan terhubung ke *human machine interface*.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Programmable Logic Controller

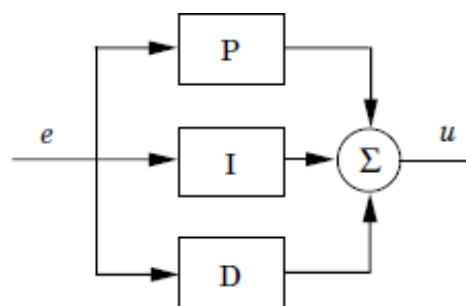
*Programmable Logic Controller* (PLC) merupakan sebuah kontroler berbasis mikroprosesor yang memiliki memori yang dapat diprogram untuk menerapkan fungsi logika, urutan, waktu, dan perhitungan [2]. PLC menggunakan *input* yang diproses sesuai instruksi dan mengeluarkan respon sebagai *output* seperti yang terdapat pada Gambar 1 [2].



Gambar 1. Blok diagram PLC

### 2.2 *Proportional, Integral, Derivative* (PID) Controller

*Proportional, integral, derivative* (PID) controller merupakan parameter kendali yang digunakan untuk pengaturan sistem menjadi lebih optimal dan meminimalisir kesalahan yang terjadi antara proses dan nilai *setpoint* yang diinginkan. Persamaan kendali PID dan blok diagram kendali PID ditunjukkan oleh Persamaan 1 [3] dan Gambar 2 [3].



Gambar 2. Blok diagram PID

$$u(t) = K_p \left( e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (1)$$

dengan:  $u$  = sinyal kontrol

$e$  = error

$K_p$  = penguatan proporsional

$K_i$  = konstanta integrasi

$K_d$  = konstanta *derivative*

### 2.3 Sensor Suhu

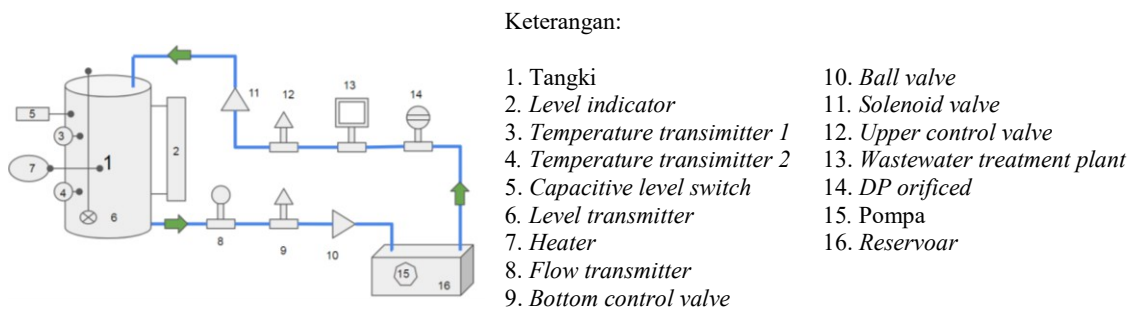
Sensor suhu PT100 merupakan sensor *Detector Temperature Resistance* (RTD) yang digunakan di industri. Sensor RTD digunakan untuk menentukan besaran suhu dengan menggunakan material yang sensitif terhadap konduktansi seperti kawat, tembaga atau nikel murni [4]. Nilai tahanan yang dihasilkan sensor RTD terbatas untuk masing-masing kisaran suhu. Sensor suhu tipe PT100 dikalibrasikan dengan nilai 100 Ω pada suhu 0°C, sehingga dinamakan PT100. Sensor suhu PT100 RTD terdapat pada Gambar 3 [4].



Gambar 3. Sensor suhu PT100 RTD

### 3. PERANCANGAN SISTEM

Sistem yang dikendalikan pada modul peraga Honeywell terdiri dari sebuah tangki, sebuah reservoir, dan beberapa aktuator & sensor. Alur proses aliran air yang terjadi pada plant dapat dilihat pada Gambar 4. Suhu air yang ada di tangki ingin dipertahankan pada nilai 35°C menggunakan pengendali *programmable logic controller* yang memiliki algoritma pengendali *proportional, integral, derivative* (PID).

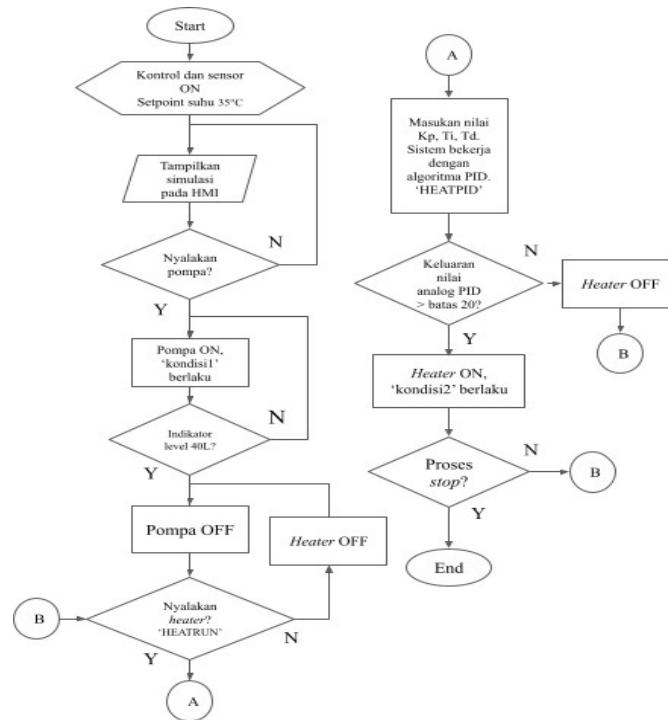


Gambar 4. Alur proses pada sistem

Diagram alir sistem secara keseluruhan pada Gambar 5 memperlihatkan urutan proses sistem pengendali suhu. Jika *plant* telah aktif, maka semua sensor dan *valve* yang ada pada *plant* serta tampilan HMI akan aktif. Sistem akan mulai jika tombol *start* ditekan. Jika *level transmitter* sudah menunjukkan angka 40 L, maka pompa akan berhenti bekerja. Pengguna dapat memasukkan nilai *setpoint* dan parameter kendali  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . *Heater* akan mulai bekerja jika tombol *start heater* telah ditekan. Sistem akan bekerja secara otomatis dengan mematikan dan menghidupkan *heater* dengan kendali PID. Jika suhu pada tangki sudah mencapai suhu yang diinginkan sesuai dengan *setpoint*, maka sistem akan terus mempertahankan suhu yang diinginkan tersebut. Sistem akan terus bekerja sampai tombol *stop* ditekan untuk menghentikan proses.

Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan perangkat lunak Programmable Logic Controller (PLC) dan perancangan *Human Machine Interface* (HMI). Perancangan perangkat lunak PLC menggunakan lima (5) buah layer pada worksheet yaitu: analog input, analog output, digital output dan input, proses *start/stop*, dan proses pengendalian suhu menggunakan PID. Perancangan perangkat lunak HMI terdiri dari 3 (tiga) buah *screen* yaitu *front screen*, *graphic screen* dan *control screen*. Pada *front screen* ditampilkan status simulasi sensor dan aktuator. Pada *graphic screen* ditampilkan grafik, *setpoint*, *present value* (PV) dari sensor suhu, dan status dari HEATPID. Pada *control screen* terdapat

pengaturan *setpoint*, parameter kendali PID, dan *autotuning* pada sistem. *Auto tuning off* berarti proses bekerja secara *tuning* manual menggunakan parameter PID yang dimasukkan.



Gambar 5. Diagram alir keseluruhan sistem

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengujian Masukan *Level Transmitter*

Pengujian masukan sensor *level transmitter* dilakukan dengan menambahkan *volume* air pada tangki secara manual. Pada *level* indikator mekanis terdapat 26 bar dengan kapasitas 100 liter, sehingga setiap bar bernilai 3,8461 liter ( $\approx 3,846$  liter). Penambahan manual diikuti dengan pembacaan setiap *bar* secara acak, lalu dibandingkan dengan pembacaan pada PLC dan sensor. Pembacaan pada PLC dapat dilihat pada *monitor mode* program PLC. Hasil pembacaan nilai pada sensor dan manual dibandingkan agar dapat melihat nilai *error* pada sensor *level transmitter*. Hasil pengujian masukan *level transmitter* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian level transmitter

Jumlah bar pada sensor mekanis	Manual sensor mekanis (liter)	Pembacaan PLC	Pembacaan sensor level setelah kalibrasi (liter)	Error (liter)	Persentase kesalahan (%)
1 bar	3,846	-2,636	3,937	0.091	2.3661
3 bar	11,538	-1,915	11,796	0.258	2.2361
4 bar	15,384	-1,569	15,494	0.110	0.7150
6 bar	23,076	-0,793	23,989	0.913	3.9565
8 bar	30,768	-0,203	30,634	0.134	0.4355
11 bar	42,306	0,9	42,423	0.117	0.2766
13 bar	49,998	1,615	50,167	0.169	0.3380
17 bar	65,382	3,045	65,307	0.075	0.1147
20 bar	76,920	4,034	76,518	0.402	0.5226
26 bar	99,996	6,209	100,095	0.099	0.0990
			Rata-rata	0.2368	1.1060

Perhitungan persentase kesalahan pada Tabel 1 menggunakan Persamaan 2.

Persentase kesalahan =

$$\frac{|nilai\ sebenarnya| - |nilai\ kalibrasi|}{nilai\ sebenarnya\ (manual)} \times 100\% \quad (2)$$

Terlihat dari hasil persentase kesalahan, pembacaan sensor *level* setelah dikalibrasi memiliki persentase kesalahan sekitar 1,1%.

**4.2 Pengujian Masukan Sensor PT100 RTD**

Pengujian sensor PT100 RTD dilakukan dengan memanaskan air dalam tangki secara bertahap dengan menyalakan *heater*. Pengujian masukan sensor berupa perbandingan antara nilai pembacaan pada PLC, sensor suhu PT100 RTD yang terbaca pada HMI dan sensor suhu eksternal sebagai referensi. Hasil pengujian suhu oleh sensor suhu PT100 RTD dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian masukan sensor PT100 RTD

Manual (°C)	Pembacaan sensor suhu (°C)	Error (°C)	Persentase kesalahan (%)
26,8	26,757	0,043	0,160448
28,5	28,421	0,079	0,277193
29,2	29,272	0,072	0,246575
31,5	31,546	0,046	0,146032
31,6	31,523	0,077	0,243671
34,1	33,919	0,181	0,530792
34,4	34,003	0,397	1,15407
	Rata-rata	0,128	0,394111

Perhitungan persentase kesalahan pada Tabel 2 menggunakan Persamaan 2 seperti pada pengujian *level transmitter*. Terlihat dari hasil persentase kesalahan, pembacaan sensor *level* setelah dikalibrasi memiliki persentase kesalahan sekitar 0,394%.

**4.3 Pengujian Human Machine Interface**

Setelah HMI berhasil di-*transmit* ke HCix08, maka tampilan HMI yang telah dirancang muncul di tampilan HCix08 Honeywell Controller Interface. Tiga tampilan HMI yang telah dirancang yaitu *front screen*, *graphic screen*, dan *settings screen* telah berhasil tampil pada *screen* HMI HCix08. Interaksi *touch screen* antara HMI dan operasi fitur sudah berjalan dengan baik sesuai fungsi yang telah dirancang. Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8 merupakan tampilan pada HMI HCix08.



Gambar 6 Hasil *front screen* HMI



Gambar 7 Hasil *graphic screen* HMI

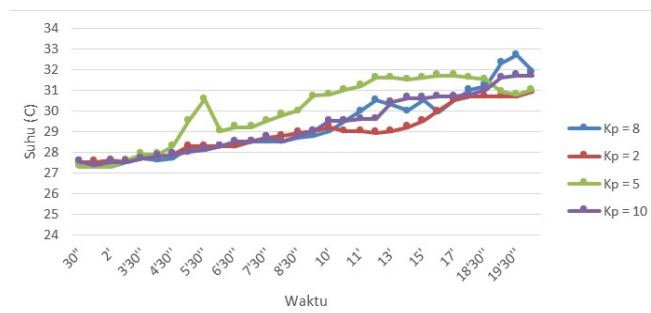


Gambar 8 Hasil control screen HMI

#### 4.4 Pengujian Pengendali *Proportional, Integral, Derivative*

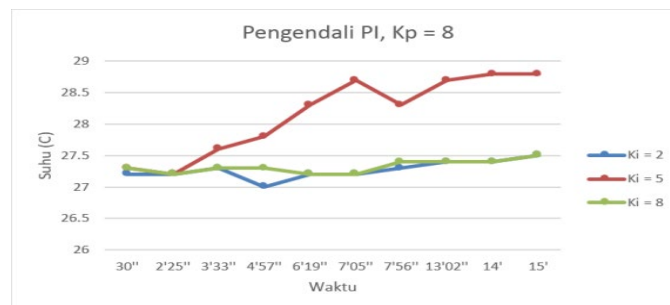
Sistem pengujian dilakukan dengan mencari parameter kendali P, I, dan D secara bertahap untuk mencari parameter kendali yang terbaik agar mencapai suhu *setpoint* 35°C. Setelah itu, dilakukan pengujian keseluruhan sistem menggunakan parameter kendali terbaik untuk melihat *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error*. Keluaran PID merupakan nilai analog yang berkisar diantara -5 sampai dengan 105. Agar dapat menyesuaikan dengan nilai masukan *heater*, maka diberikan batasan agar *heater* dapat menyala atau mati oleh sistem. *Heater* akan menyala jika respon keluaran PID lebih besar dari 20, dan akan mati jika respon keluaran PID lebih kecil dari 20. Batas ini terdapat pada blok CMPR yang terhubung dengan blok PID pada program.

Sistem pengujian Kp bertujuan untuk mencari parameter kendali P terbaik pada *setpoint* 35°C dengan menggunakan metode *tuning* Ziegler- Nichols. Berdasarkan hasil pengujian dengan *setpoint* 35°C adalah Kp sebesar 8. Grafik hasil pengujian pengendali P dapat dilihat pada Gambar 9.

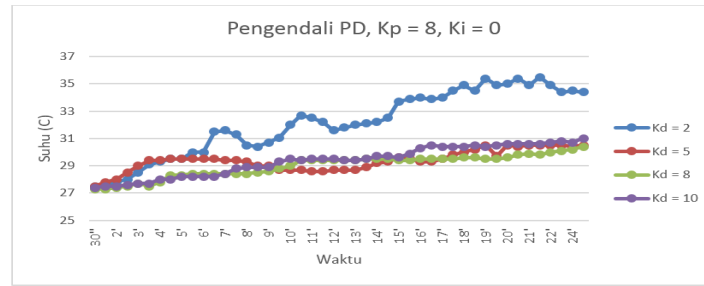


Gambar 9 Pengujian pengendali P

Grafik hasil pengujian pengendali PI dapat dilihat pada Gambar 10 sedangkan grafik pengujian pengendali PD dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 10 Pengujian pengendali PI



Gambar 11 Pengujian pengendali PD

Pada pengujian pengendali PI diperoleh parameter yang paling baik dengan  $K_p$  sebesar 8 dan nilai  $K_i$  sebesar 5 sedangkan pada pengujian pengendali PD yang paling baik adalah  $K_p$  sebesar 8 dan nilai  $K_d$  sebesar 2.

Pada pengujian pengendali PD, *heater* dapat memanaskan air secara bertahap. Pengendali PD dapat memiliki respon yang lebih adaptif dibandingkan pengendali PI. Hal ini ditunjukkan pada suhu yang terdapat osilasi karena *heater* sempat mati, tetapi pengendali PD dapat menaikkan kembali nilai respon keluaran, sehingga *heater* dapat memanaskan suhu hingga mencapai *setpoint*. Oleh karena itu untuk pengujian selanjutnya digunakan pengendali PD.

### 5.5 Pengujian keseluruhan sistem

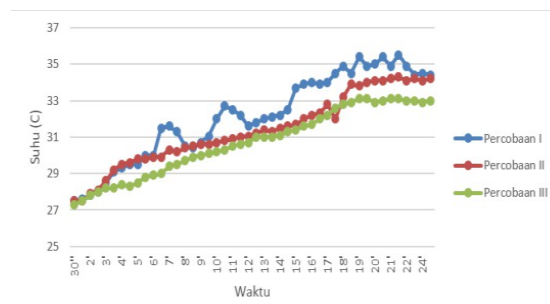
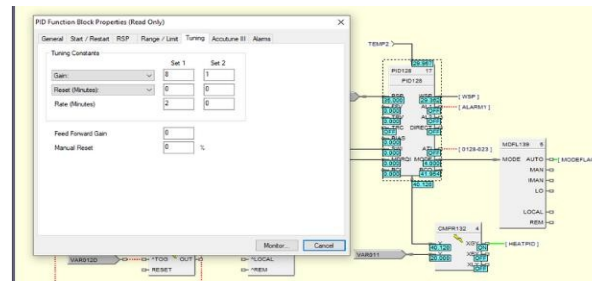
Sistem diawali dengan menekan tombol *run/start* pada HMI sehingga pompa menyala dan mengisi air pada tangki hingga 40 liter. Pengisian air dapat dipantau melalui HMI mulai dari suhu, level air, status *solenoid valve*, dan bukaan *control valve*. Pada proses pengisian air, *control valve* atas terbuka 100% dan *control valve* bawah tertutup 0%. Jika tangki sudah berisi 40 liter, maka pompa otomatis mati dan proses pengisian air selesai. Ketinggian air pada tangki saat pengujian dapat dilihat pada Gambar 29. Pada tahap awal ini pengendali PD sudah bekerja, namun *heater* belum menyala, karena terdapat logika AND pada masukan *heater* yaitu saat tombol *heater on* ditekan (HEATRUN) dan saat PD mengirimkan perintah untuk menyalakan *heater* (HEATPID). Proses pemanasan dilakukan jika tombol *heater on* ditekan, seiring dengan respon keluaran PD yang menjadi dua masukan untuk *heater* dengan adanya logika AND.

Gambar 12 menampilkan HMI yang menunjukkan nilai-nilai parameter PD, suhu *present value* (PV), *setpoint*, status HEATPID, dan respon keluaran *analog* dari PD pada *settings screen*.



Gambar 12 Control screen saat pengujian

Pengujian kendali sistem keseluruhan dilakukan tiga kali untuk nilai *setpoint* 35°C. Pengujian pengendali PD untuk nilai *setpoint* 35°C dilakukan selama 25 menit sampai diperoleh respon *steady state*. Hasil grafik pengujian pengendali PD untuk *setpoint* 35°C terdapat pada Gambar 13 dan *monitor mode* pengujian pengendali PD untuk *setpoint* 35°C terdapat pada Gambar 14. Perbandingan nilai *overshoot*, *settling time*, dan *steady state error* dari pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Gambar 13 Pengujian PD *setpoint* 35°CGambar 14 Monitor mode pengujian pengendali PD pada *setpoint* 35°C

Pada pengujian pengendali PD *setpoint* 35°C, nilai Kp sebesar 8 dan Kd sebesar 2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *heater* dapat memanaskan air secara bertahap menuju *setpoint* pada menit ke-18. Terlihat pada *monitor mode* Gambar 14, *heater* dapat menyala karena nilai respon keluaran PD yang berada diatas 20 (batas aktif). Pengujian tidak memiliki nilai *overshoot* yang signifikan, *settling time* rata-rata 18 menit, dan *steady state error*  $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$ . Respon keluaran PD cukup adaptif menerima respon masukan suhu, jika terdapat penurunan respon keluaran, pengendali dapat menaikkan kembali nilai respon keluaran, sehingga *heater* dapat kembali memanaskan air.

Tabel 3 Perbandingan pengujian PD *setpoint* 35°C

Respon	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
<i>Overshoot</i>	0,5	-	-
<i>Settling time (m)</i>	18	18,5	18,5
<i>Steady state error (°C)</i>	-	1	2

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, realisasi sistem, pengujian sensor & aktuator yang ada, dan pengujian parameter kendali untuk mengatur suhu sesuai dengan *setpoint*, maka dihasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem dapat mencapai nilai *setpoint* 35°C dengan menggunakan pengendali PD dengan nilai Kp sebesar 8 dan Kd sebesar 2.
2. Suhu dinaikkan secara bertahap, dan bekerja dengan *overshoot* sebesar 0,5°C, *settling time* mulai menit ke-18, dan *steady state error* sebesar 1,5°C.
3. Suhu yang dipertahankan memiliki toleransi sebesar  $\pm 5\%$  terhadap nilai *setpoint* atau sekitar  $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ .
4. Air dalam tangki perlu penyesuaian berkala seperti diaduk perlahan agar suhu merata pada seluruh tangki.



**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] I. Ferdiansyah, Irianto and E. Sunarno, "Penerapan Kontrol PI Pada Alat Pengaduk dan Pengukus Adonan Puduk untuk Meningkatkan Hasil Produksi Industri Rumah Tangga di Gresik," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 8, no. 2, 2020.
- [2] B. Wijaya, "Sistem Pengendali Level Air dengan Algoritma Kendali Proportional, Integral, Derivative Berbasis Supervisory, Control, and Data Acquisition," *Fakultas Teknik Unika Atma Jaya*, 2018.
- [3] K. J. ÅSTRÖM and T. HÄGGLUND, *PID Controllers; Theory, Design and Tuning*, North Carolina: Instrument Society of America, 1995.
- [4] G. Desgraha, "Pengendalian Suhu Dan Kelembaban Proses Pematangan Keju Menggunakan Kontroler Pid Berbasis Plc," *Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*, 2015.
- [5] B. Kartadinata, M. Mulyadi, L. Wijayanti, T. Ghozali and R. J. Arve, "Simulasi Pengatur Suhu pada Modul Festo Compact Workstation Menggunakan Programmable Logic Controller dan Human Machine Interface," *PROSIDING SENAPENMAS*, 2021.
- [6] Fraden, J. 2016. "Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications," Springer International Publishing: Switzerland.