

## SIMULASI SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGATURAN SUHU SECARA *REAL TIME* MENGGUNAKAN *HUMAN MACHINE INTERFACE*

Budi Kartadinata<sup>1</sup>, Melisa Mulyadi<sup>2</sup>, Linda Wijayanti<sup>3</sup>, Theresia Ghozali<sup>4</sup>,  
Ryan Joe Arve<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [budi.kartadinata@atmajaya.ac.id](mailto:budi.kartadinata@atmajaya.ac.id)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id](mailto:melisa.mulyadi@atmajaya.ac.id)

<sup>3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [linda.wijayanti@atmajaya.ac.id](mailto:linda.wijayanti@atmajaya.ac.id)

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [theresia.ghozali@atmajaya.ac.id](mailto:theresia.ghozali@atmajaya.ac.id)

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas katolik Indonesia Atma Jaya Jakarta  
Email: [ryan655.a@gmail.com](mailto:ryan655.a@gmail.com)

### ABSTRACT

*Every stage of the process that occurs in the industry requires control so that the system can run in accordance with the specified procedures. This can be found in control of food and beverage where the heating process must be implanted within a prescribed time. The heating process can take place in stages and each stage requires a temperature limit within a certain time duration. If the temperature stability is disturbed the resulting product will be damaged. This problem can be overcome if automation is carried out on the system using a processing unit, namely a programmable logic controller (PLC). In this paper, the temperature regulation system is made in the form of a simulation using Festo Compact Workstation module to regulate the temperature of the water heating process to keep it constant for a certain time duration. The system is equipped with a temperature sensor as PLC input which is then processed with a proportional, integral and derivative (PID) algorithm to activate the heater or cooler. This automation system is connected to the human machine interface (HMI) so that processes that occur in the system can be monitored and controlled remotely from the control room. Based on the test results, it can be seen that the temperature sensor has an error of 0.808%, the best PID parameters in this test are:  $K_p = 2.4$ ,  $T_d = 55$  and  $T_i = 14$ . The test also shows that the system temperature can be maintained and the process can be monitored and accessed through HMI.*

**Keywords:** *temperature, heater, cooler, programmable logic controller, human machine interface.*

### ABSTRAK

Setiap tahapan proses yang terjadi di industri memerlukan pengendalian agar sistem dapat berjalan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Demikian halnya dengan proses pengendalian suhu yang banyak dijumpai pada industri makanan/minuman. Proses pemanasan bisa berlangsung secara bertahap dan tiap tahapnya memerlukan batasan suhu dalam durasi waktu tertentu. Bila kestabilan suhu terganggu maka produk yang dihasilkan menjadi rusak. Masalah ini dapat diatasi bila dilakukan otomasi pada sistem menggunakan unit pengendali yaitu *programmable logic controller* (PLC). Pada makalah ini sistem pengaturan suhu dibuat dalam bentuk simulasi menggunakan modul *Festo Compact Workstation* untuk mengatur suhu pada proses pemanasan air agar terjaga konstan dalam durasi waktu tertentu. Sistem dilengkapi dengan sensor suhu dan sensor level air sebagai masukan PLC yang selanjutnya diolah dengan algoritma proporsional, integral dan derivatif (PID) untuk mengaktifkan *heater* dan *cooler*. Sistem otomasi ini terhubung ke *human machine interface* (HMI) agar proses yang terjadi pada sistem dapat dipantau dari ruang kendali. Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa sensor suhu memiliki kesalahan 0,808 %, parameter PID terbaik dalam pengujian ini yaitu:  $K_p = 2,4$ ,  $T_i = 55$  dan  $T_d = 14$ . Pengujian juga menunjukkan suhu sistem dapat dipertahankan dan proses dapat dipantau serta diakses melalui HMI.

**Kata kunci:** *suhu, heater, cooler, programmable logic controller, human machine interface.*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pada beberapa proses produksi yang ada di industri makanan, minuman dan lainnya sering dijumpai tahapan proses pemanasan air (*heating*) pada suhu dan dalam durasi waktu tertentu. Kondisi suhu yang berfluktuasi selama proses pemanasan dapat berakibat pada kegagalan hasil produk. Mengatasi hal ini diperlukan otomasi agar produk yang dihasilkan terjaga mutunya [Bambang, 2015]. Sebagai pengendali proses produksi dapat digunakan *programmable logic controller* (PLC) [Bolton, 2015]. PLC merupakan sistem pengendali yang didesain untuk industri. Bahasa pemrograman yang digunakan dapat berupa *ladder diagram*, *function block*, atau *statement list* [Wiliam, 2019]. Untuk memudahkan pemantauan dan pengaturan proses, sistem dilengkapi dengan *human machine interface* (HMI) sehingga dapat diakses secara *real time*. HMI adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dengan mesin/peralatan. Sistem HMI bekerja secara *online* dan *real time* dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port dari PLC [Adrieli, 2020]. Penelitian yang terkait Pengontrolan Pemanasan Air [Effendi, 2013] pernah dilakukan peneliti lain namun pembahasan yang dilakukan hanya tertuju pada pengendalian suhu air, tidak memperhatikan level air di tangki selama pemanasan dan belum memanfaatkan algoritma PID untuk pengendaliannya.

### **Rumusan Masalah**

Sistem pengaturan suhu air menggunakan PLC sebagai pengendali akan memproses setiap masukan yang diperoleh dari sensor suhu dan sensor level air kemudian menggunakan informasi dari masukan tersebut untuk mengatur penyalaan *heater* dan melakukan proses pendinginan dengan *cooler* [Setiawan, 2009]. Agar sistem dapat segera menanggapi perubahan suhu maka diperlukan algoritma pengendali proporsional, integral, dan derivatif (PID) [Ogata, 2010] [Junaidi, 2017]. Nilai-nilai parameter PID harus ditala terlebih dahulu melalui serangkaian pengujian sampai diperoleh nilai yang tepat. Pemantauan dan pengaturan suhu yang dapat dilakukan dari jarak jauh memerlukan koordinasi antara HMI dengan PLC. Tampilan pada HMI harus dapat menunjukkan proses yang sedang berlangsung di lokasi pemanasan air secara *real time* maka hubungan komunikasi antara unit pengendali (PLC) dengan HMI menjadi hal yang penting untuk diperhatikan.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian dilakukan mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:

### a. Kajian Pustaka

Menentukan jenis HMI yang dapat dikoordinasikan dengan PLC yang akan digunakan dan mempelajari cara memprogram PLC dan HMI tersebut.

### b. Perancangan program

- 1) Membuat program untuk PLC dengan menggunakan bahasa pemrograman *ladder diagram*.
- 2) Membuat program tampilan di HMI untuk menyimulasikan proses yang terjadi di sistem.
- 3) Menghubungkan PLC dan HMI agar dapat saling berkomunikasi.

### c. Pengujian sistem

- 1) Melakukan pengujian pada setiap sensor dan output dari sistem berdasarkan program *ladder diagram* yang dibuat untuk mengetahui apakah program telah berjalan sesuai rancangan.
- 2) Mencari nilai parameter yang terbaik dari pengendali PID agar dapat menjaga kestabilan

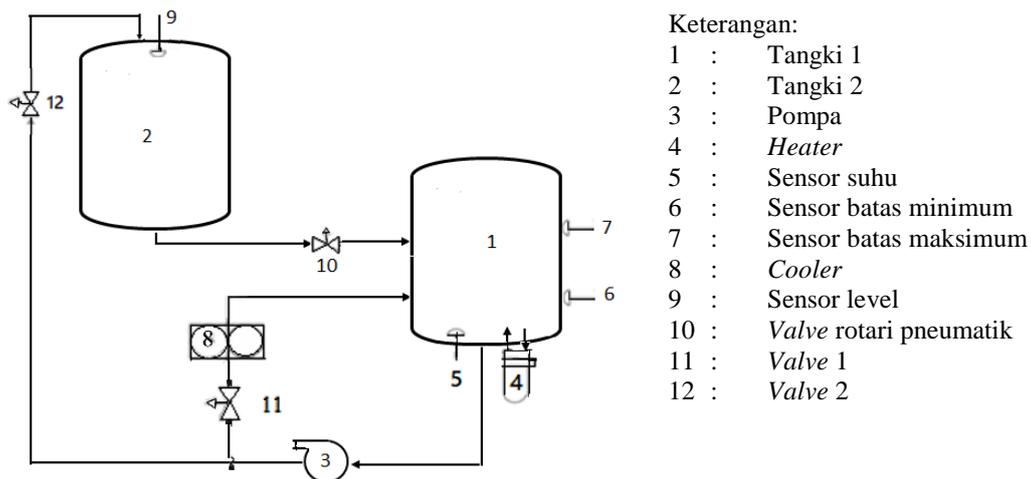
suhu.

- 3) Melakukan pengujian tampilan pada HMI untuk mengetahui apakah dapat menampilkan simulasi proses seperti yang sedang berjalan di sistem.
- d. Membuat kesimpulan berdasarkan analisis terhadap hasil pengujian.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

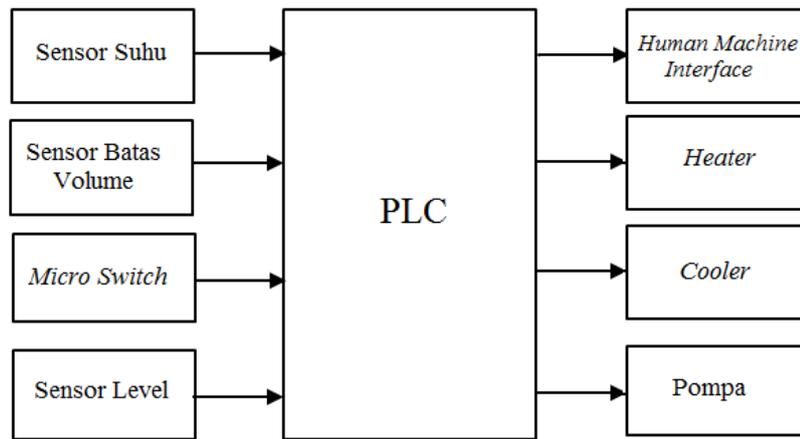
Simulasi sistem pengatur suhu pada proses pemanasan air dirancang untuk mempertahankan suhu agar sesuai dengan nilai *setpoint* yang diinginkan menggunakan pengendali *programmable logic controller* (PLC) yang dilengkapi dengan algoritma proporsional, integral, deriatif (PID). Sistem disimulasikan menggunakan modul *Festo Compact Workstation* [Siemens, 2015]. Gambar 1 menunjukkan skematik rancangan instrumen yang digunakan.

Proses simulasi pengendalian suhu air diawali dengan melakukan pengisian air dari tangki 2 ke dalam tangki 1 hingga mencapai ketinggian tertentu dengan ketentuan ialah melebihi batas minimal volume air dan kurang dari batas maksimal volume pada tangki 1. Selanjutnya air tersebut dipanaskan hingga mencapai nilai *setpoint* yang ditentukan, yaitu 30°C. Suhu pada tangki 1 akan dipertahankan selama 1 menit ketika suhu terukur sudah mencapai nilai *setpoint* dengan nilai toleransi sebesar 0,5°C.

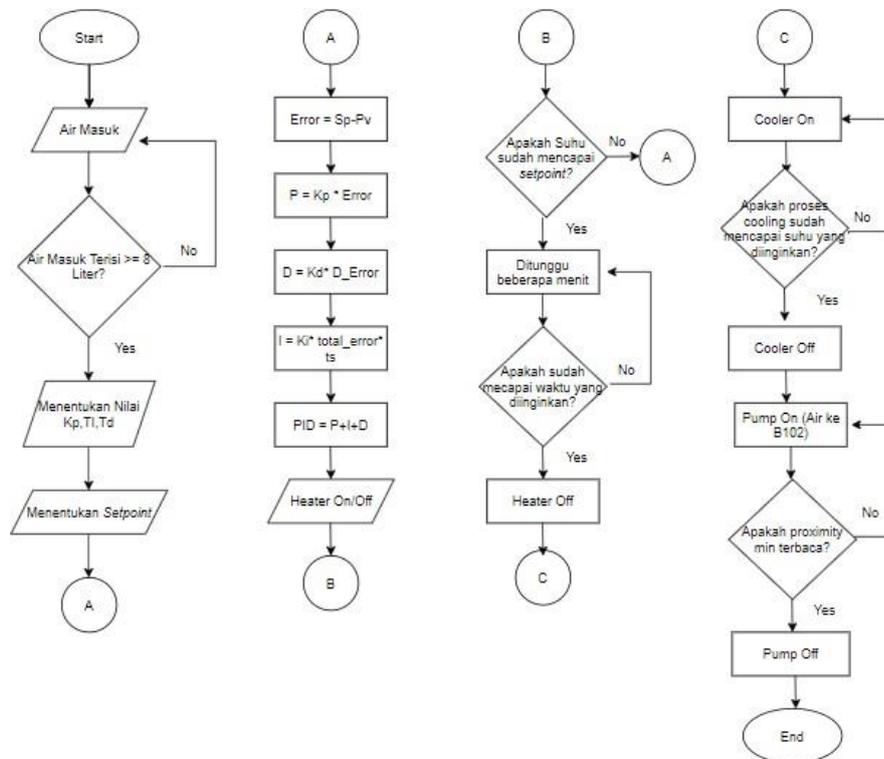


**Gambar 1.** Skematik rancangan instrumen

Ketika nilai suhu pada tangki 1 kurang dari *setpoint* maka PLC akan mengaktifkan *heater*. Bila nilai suhu pada tangki 1 melebihi *setpoint* maka PLC mematikan *heater* dan melakukan pendinginan air dengan cara mengalirkan air melewati *cooler* kemudian air dikembalikan ke tangki 1. Sirkulasi ini terus dilakukan sampai suhu air sesuai dengan *setpoint* yang diberikan. Gambar 2 menunjukkan diagram blok sistem pengaturan suhu. Sebagai sensor batas volume air digunakan *proximity switch*. Diagram alir sistem dapat dilihat pada Gambar 3.



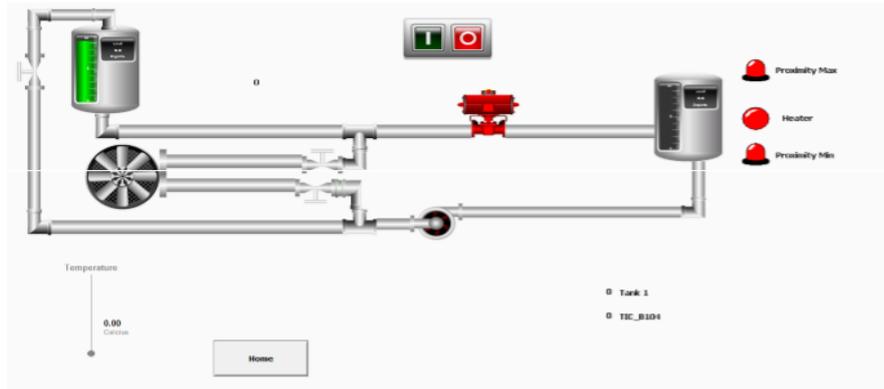
**Gambar 2.** Diagram blok sistem



**Gambar 3.** Diagram alir sistem

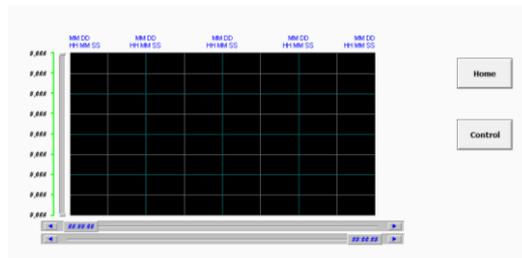
### Perancangan Tampilan *Human Machine Interface*

Perancangan tampilan *Human Machine Interface* (HMI) menggunakan HMI Intouch [Wicaksono, 2008] yang dapat menampilkan dan mengendalikan sistem melalui serangkaian fitur yang tersedia di dalamnya seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Tampilan *control screen*

Selain tampilan *control screen* juga dibuat tampilan *graphic screen* untuk menampilkan grafik terhadap waktu dengan data grafik yang didapat dari hasil algoritma PID pada sistem. Grafik akan berjalan dengan sendirinya ketika sistem sudah dijalankan. Tampilan *graphic screen* dapat dilihat pada Gambar 5.

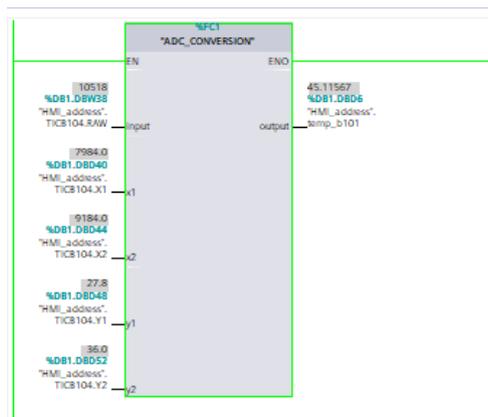


**Gambar 5.** Tampilan *graphic screen*

## Pengujian Sistem

### a. Pengujian masukan sensor temperatur pada PLC

Pengujian masukan sensor temperatur dilakukan dengan menjalankan *heater* pada performa tertentu dan dalam waktu yang stabil. Program yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pembacaan nilai temperatur terukur

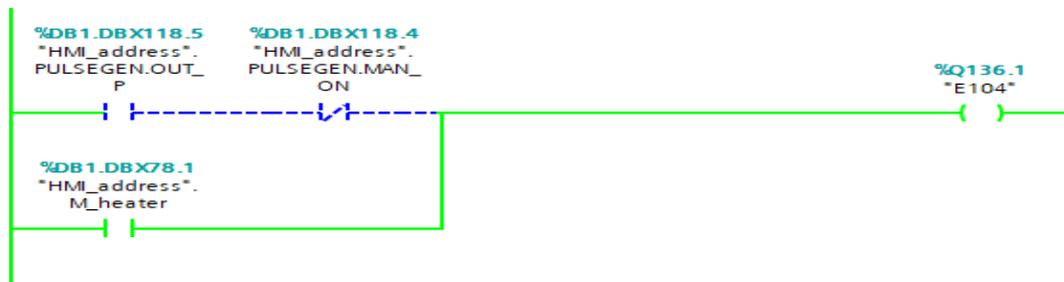
Hasil pengukuran menggunakan sensor suhu PT100 bila dibandingkan dengan pengukuran thermometer digital ada kesalahan sebesar 0.808 % seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan pengukuran suhu

Sensor suhu PT100 (°C)	Digital thermometer (°C)	Kesalahan	% kesalahan
30.06	30	0.06	0.20
34.36	34	0.36	1.06
38.67	39	- 0.33	0.85
40.11	40	0.11	0.28
50.16	51	- 0.84	1.65
Total kesalahan			4.04
Kesalahan rata-rata			0.808 %

**b. Pengujian keluaran PLC pada heater**

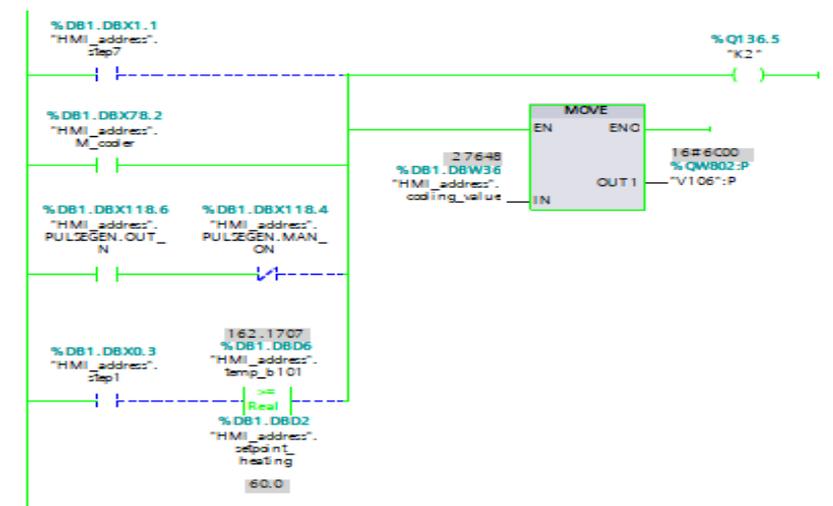
Pengujian keluaran PLC pada *heater* dilakukan dengan memberikan pulsa dengan program yang ditunjukkan Gambar 7.



**Gambar 7.** Program pengujian *heater*

**c. Pengujian keluaran PLC pada cooler**

Pengujian terhadap *cooler* dilakukan secara manual dengan menggunakan program yang ditunjukkan pada Gambar 8.



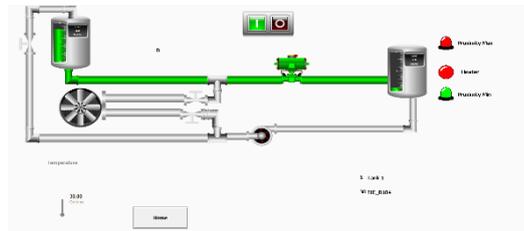
**Gambar 8.** Program pengujian *cooler*

#### d. Pengujian PID

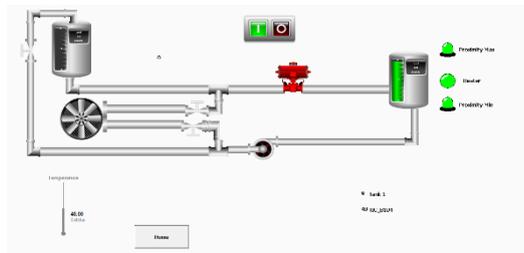
Penalaan parameter PID dilakukan dengan metode Ziegler Nichols yang diterapkan pada saat kondisi sistem *closed loop*. Dari hasil pengujian didapatkan nilai terbaik pada *setpoint* 30°C adalah  $K_p = 2,4$ ,  $T_i = 55$  dan  $T_d = 14$ .

#### e. Pengujian HMI

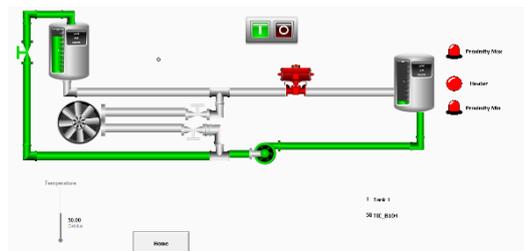
Dengan keadaan awal, tangki 2 sudah terisi 9 liter, lalu saat menekan tombol *start* pada *display* maka air yang terdapat pada tangki 2 tersebut akan mengalir ke tangki 1. Indikator sensor batas volume air minimum akan menyala pertama kali yang ditunjukkan pada Gambar 9. Dengan bertambahnya volume air maka sensor batas volume air maksimum akan aktif. Pada saat ini sensor suhu bekerja dan menampilkan suhu mula-mula. Oleh karena suhu air masih belum mencapai suhu sesuai *setpoint* maka *heater* aktif. Kondisi ini ditunjukkan oleh Gambar 10. Jika suhu air melebihi *setpoint* maka *heater* dinonaktifkan, lalu air dialirkan kembali ke tangki 2 dan akan didiamkan 5 detik, setelah itu air akan kembali ke tangki 1 bersirkulasi di *cooler* selama 15 detik untuk mengurangi suhu panas seperti tampilan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



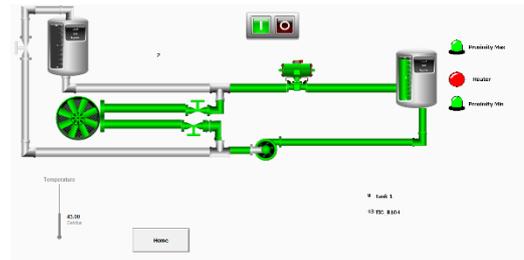
**Gambar 9.** Kondisi sensor batas volume air minimum menyala



**Gambar 10.** Kondisi sensor batas volume air maksimum menyala



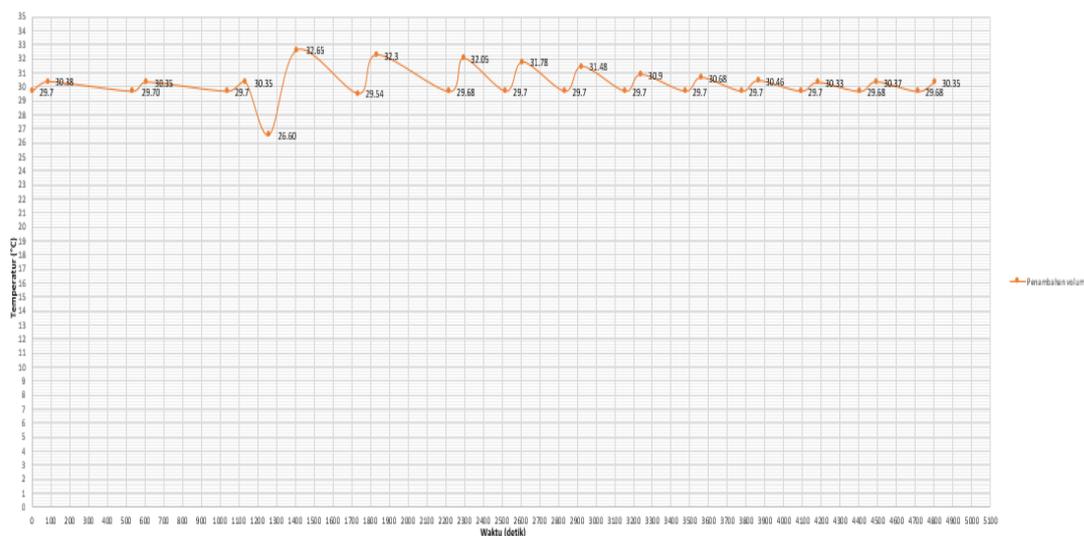
**Gambar 11.** Kondisi saat air pada tangki 1 kembali ke tangki 2



**Gambar 12.** Kondisi *cooler* menyala

#### f. Pengujian sistem secara keseluruhan

Pengujian sistem ini untuk melihat respon sistem ketika temperatur sistem terganggu akibat penambahan air ke dalam tangki pengolahan. Pengujian dilakukan untuk setpoint temperatur sebesar 30°C. Gambar menunjukkan respon sistem ketika terjadi perubahan temperatur.



**Gambar 13.** Respon sistem terhadap perubahan suhu

Berdasarkan Gambar 13 dapat diketahui bahwa penambahan air yang suhunya lebih rendah ke dalam tangki 1 mengakibatkan suhu air di tangki turun. Hal ini diatasi sistem dengan cara menaikkan tegangan masukan pada *heater*. Kondisi sebaliknya jika air dengan suhu lebih panas ditambahkan ke tangki 1 mengakibatkan suhu air tangki naik. Sistem merespon hal ini dengan menurunkan tegangan *heater* atau mematikan *heater* dan mengalirkan air melewati *cooler* sehingga air dapat lebih dingin dan kembali ke suhu yang diinginkan.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem dapat disimpulkan bahwa kesalahan sensor suhu terhadap thermoter digital sebesar 0,808 % dan nilai parameter PID terbaik yaitu  $K_p = 2,4$   $T_i = 55$  dan  $T_d = 14$ . Penerapan algoritma PID pada pengaturan sistem dapat memberikan respon yang cepat setiap terjadi perubahan suhu sehingga suhu tetap terjaga (konstan). Komunikasi antara PLC dengan HMI Intouch berjalan dengan baik sehingga proses sistem dapat dipantau dan diakses lewat HMI yang dibuat.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Bapak Ronald dan tim dari PT Festo Indonesia yang telah memberikan bantuan teknis untuk pengoperasian Festo Workstation, juga kepada Bapak Okky dari PT Trimaxindo yang telah memberikan pengarahan tentang penggunaan Wonderware Intouch.

## REFERENSI

- Adriel, S., Mulyadi, M., Kartadinata, B., & Wijayanti, L. (2020). Penggunaan Human Machine Interface Untuk Simulasi Pengolahan Minyak Kelapa Sawit. *Jurnal Elektro*, 13(1), 21-31.
- Bolton, W. (2015). *Programmable Logic Controllers, Sixth Edition*. Waltham: Newnes.
- Effendi, A. (2013). Perancangan Pengontrolan Pemanas Air Menggunakan PLC S7-1200 dan Sensor Arus ACS712. *Jurnal Teknik Elektro* 2(3), 12-19.
- Junaidi, A. dan Aji, W.S. (2017). Sistem Pengontrol Suhu Ruangan dengan Algoritma PID Menggunakan PLC Omron CP1e-NA20DR-A. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, 3 (2), 47-55.
- Ogata, K. (2010). *Modern Control Engineering, Fifth edition*. New Jersey: Prentice Hall
- Sampurno, B., Abdurrahman, A., Hadi, H. S. (2015). "Sistem Kendali PID pada Pengendalian Suhu untuk Kestabilan Proses Pemanasan Minuman Sari Jagung". Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO) 2015. Bandung.
- Setiawan, I. (2009). *Buku Ajar Sensor dan Transduser*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Siemens. (2015). *MPS-PA\_Compact\_Workstation*. Jakarta.
- Wicaksono, Handy, dkk. 2008. *Aplikasi Terdistribusi Berbasis Wonderware Intouch Pada Sistem Keamanan Perumahan*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Wiliam, W., Kartadinata, B., & Wijayanti, L. (2019). Pengendalian Lengan Robot untuk Proses Pemindahan Barang. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 21(1), 69-78.

*(halaman kosong)*