

## Analisis metode PID pada mini plant pasteurisasi susu berbasis sistem DCS (Distributed Control System)

M Rifa'i, Aripriharta\*, Daniel Edo

Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Aripriharta, Surel: aripriharta.ft@um.ac.id

Paper received: 03-10-2021; revised: 12-10-2021; accepted: 18-10-2021

### Abstract

Pasteurization is one of the standard processes generally used in a dairy processing industry where a pasteurization process needs to be carried out to obtain bacteria-free milk. The pasteurization method is to heat milk at a certain temperature and for a certain period. In an industry, temperature is controlled using an automation system to obtain the appropriate parameters because temperature is one of the parameters that can easily change depending on the temperature of the food and beverage raw materials needed in the industry. In this study the control system used is DCS (Distributed Control System) with the PID (Proportional Integral Derivative) control method and uses an RTD PT 100 temperature sensor as a temperature detector. Based on the test results, the process of heating milk using PID control with a capacity of 6 liters of milk takes 913 seconds with  $K_p = 22$ ,  $T_i = 1857.72$  and  $T_d = 97.22$  with the graphic results showing rise time ( $T_r$ ) = 913 s, delay time ( $T_d$ ) = 456.5 s, peak time ( $T_p$ ) = 926s, descent time ( $T_s$ ) = 1650s, maximum overshoot ( $M_p$ ) = 1.3°C and steady state error 0.66%.

**Keywords:** rtd sensor; pasteurization; dcs

### Abstrak

Pasteurisasi merupakan salah satu proses standar yang umumnya digunakan dalam sebuah industri pengolahan susu dimana proses pasteurisasi perlu dilakukan untuk mendapatkan susu yang bebas bakteri. Metode pasteurisasi adalah dengan memanaskan susu pada suhu tertentu dan dalam jangka waktu tertentu. Pada sebuah industri suhu dikontrol menggunakan sistem otomasi agar didapatkan parameter yang sesuai karena suhu merupakan salah satu parameter yang mudah berubah-ubah tergantung pada suhu bahan baku makanan dan minuman yang di butuhkan di dalam perindustrian. Pada penelitian ini sistem kontrol yang digunakan adalah DCS (*Distributed Control System*) dengan metode kontrol PID (*Proporsional Integral Derivative*) dan menggunakan sensor suhu RTD PT 100 sebagai pendeteksi suhu. Berdasarkan hasil pengujian, proses pemanasan susu menggunakan kontrol PID dengan kapasitas susu 6-liter dibutuhkan waktu sebanyak 913 detik dengan nilai  $K_p = 22$ ,  $T_i = 1857.72$  dan  $T_d = 97.22$  dengan hasil grafik menunjukkan waktu naik ( $T_r$ ) = 913 s, waktu tunda ( $T_d$ ) = 456.5 s, waktu puncak ( $T_p$ ) = 926 s, waktu turun ( $T_s$ ) = 1650 s, maksimal overshoot ( $M_p$ ) = 1.3°C dan error steady state 0.66%.

**Kata kunci:** sensor rtd; pasteurisasi; dcs

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi di dunia industri yang begitu cepat dan diikuti dengan tingkat persaingan yang semakin tinggi pula menjadi tantangan bagi dunia pendidikan untuk terus meng-*update* media pembelajarannya. Salah satu bidang yang terus mengalami kemajuan adalah bidang otomasi industri. Berkembangnya sistem otomasi bertujuan untuk menjamin kualitas produk yang di hasilkan, mengurangi waktu produksi dan mengurangi biaya untuk tenaga kerja manusia, sehingga tuntutan proses produksi lebih efisien dan lebih cepat untuk dicapai.

Salah satu sistem industri yang terus mengalami perkembangan adalah bidang manufaktur, khususnya sistem kontrol. Saat ini banyak ditawarkan suatu metode kontrol yang

efektif dan mudah untuk diimplementasikan dalam sebuah proses. Sistem kontrol yang saat ini sedang marak digunakan yaitu DCS (Distributed Control System) dan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yang pada umumnya memanfaatkan PLC (Programmable Logic Control) sebagai kontrolnya (Gumilang, Rokhim, and Erdani n.d.).

DCS (Distributed Control System) merupakan sebuah sistem kontrol yang berorientasi untuk membuat suatu sistem pengendali yang terdistribusi dan terintegrasi. Pada sistem kontrol DCS ini, terdapat suatu PLC master yang berfungsi sebagai sistem manajernya dan satu atau beberapa PLC slave yang terhubung ke suatu plant yang akan diperintah langsung oleh PLC master tersebut. Penggunaan sistem kontrol DCS ini memiliki banyak keuntungan, terutama di dunia industri, diantaranya adalah pengawasan proses yang dapat dimonitor dan dikontrol melalui komputer. Dalam sebuah industri, penggunaan kontrol DCS dapat diimplementasikan dalam berbagai plant industri, salah satunya adalah proses pasteurisasi skala industri.

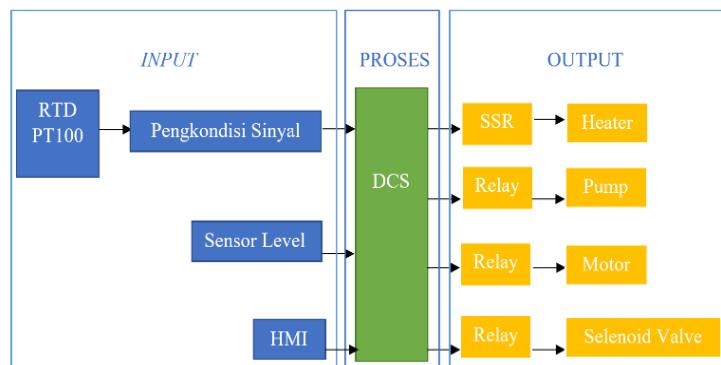
Pada umumnya pengolahan susu saat ini menggunakan suhu tinggi (metoda thermal) yaitu proses pengolahan pangan dengan menggunakan pemanasan antara 60 C-100 C seperti sterilisasi dan pasteurisasi. Pengolahan jenis ini sering disebut dengan UHT (Ultra High Temperature). Proses ini digunakan untuk memperpanjang umur simpan dengan menginaktifkan enzim dan menekan jumlah mikroorganisme di dalam susu. Tetapi pasteurisasi menggunakan UHT memiliki beberapa kerugian (Putri, 2009). Pasteurisasi merupakan salah satu proses yang sangat umum digunakan dalam sebuah industri pengolahan bahan makanan dan minuman karena proses ini memiliki peranan sebagai penyeteril bahan baku makanan dan minuman dalam sebuah industri, diantaranya yaitu proses pemasakan bahan makanan, pasteurisasi dan lain-lain. Proses pasteurisasi dilakukan dengan cara memanaskan susu pada suhu tertentu. Dalam pasteurisasi pemanasan yang dilakukan menggunakan 2 metode pasteurisasi berbeda yang bertujuan untuk membunuh bakteri patogen yaitu Low Temperature Long Time (LTLT) suhu 62°C selama 30 menit dan High Temperature Short Time (HTST) pada suhu 72°C selama 15 detik (Rahmawati and Sumarmono 2014). Dengan adanya pemanasan ini diharapkan dapat membunuh bakteri pantogen yang membahayakan kesehatan manusia dan memperkecil perkembangan bakteri lain, baik selama pemanasan maupun saat penyimpanan. Pasteurisasi ini tidak sama dengan sterilisasi, karena pasteurisasi ini bertujuan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme di makanan, agar jumlah mereka tidak menimbulkan penyakit. Pasteurisasi pada susu biasanya menggunakan pasteurisasi thermal yaitu dengan memberikan perlakuan panas sekitar 63-72 derajat Celcius selama 15 detik yang bertujuan untuk membunuh bakteri patogen. Susu pasteurisasi harus disimpan pada suhu rendah (5-6 derajat Celcius) dan memiliki umur simpan hanya sekitar 14 hari. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka kandungan enzim essensial dalam susu akan terurai. Padahal enzim essensial merupakan bagian susu yang tidak bisa diproduksi oleh manusia dan juga enzim ini sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia. Sehingga pasteurisasi thermal ini kurang efisien untuk menjaga kerusakan enzim pada makanan cair (Raso et al. 2006).

Proses pasteurisasi perlu dilakukan karena suhu merupakan salah satu parameter yang mudah berubah-ubah yaitu tergantung suhu bahan baku makanan dan minuman yang di butuhkan di dalam perindustrian. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sebuah sensor suhu yang dapat mendeteksi suhu bahan baku makanan dan minuman pada proses pasteurisasi pengontrolan suhu bahan baku makanan dan minuman. Dalam pengontrolan suhu

bahan baku makanan dan minuman ini, metode kontrol yang digunakan adalah metode PID (Proporsional Integral Derivative) adalah strategi yang paling banyak diadopsi pada pengontrolan proses industri. Berdasarkan survey, 97% industri yang bergerak dalam bidang proses (seperti industri kimia, pulp, makanan, minyak dan gas) menggunakan PID sebagai komponen utama dalam pengontrolannya (Borase et al. 2021). Metode kontrol PID pada dasarnya adalah hubungan sebab akibat antara variabel masukan dengan variabel keluaran proses (*Process Variable-PV*). Ditinjau dari segi pengontrolan, variable masukan proses itu sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis: (1) variable masukan yang dapat dimanipulasi (*Manipulated Variable-MV*) dan (2) variabel masukan exogenous (*Exogenous Variable-Ex*) yang umumnya tidak dapat dimanipulasi secara langsung (Setiawan, 2008). Mengetahui pentingnya pemahaman tentang DCS dan metode yang dapat digunakan pada DCS seperti yang telah dijelaskan diatas, perlu adanya sebuah modul simulasi yang dapat digunakan oleh mahasiswa dalam proses pembelajaran kontrol dan proses di Politeknik Negeri Malang agar dapat memberikan gambaran tentang kontrol dan proses yang ada di industri.

## 2. Metode

Pada sistem pasteurisasi secara umum menggunakan beberapa instrumen kontrol dan komponen yang saling terkoneksi untuk melakukan komunikasi secara sekuensial. Pemahaman koneksi antar instrumen dan komponen terjadi akan digambarkan dalam sebuah diagram blok sistem agar dapat dipahami dengan mudah. Berikut diagram blok sistem pasteurisasi:



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Fungsi dari masing-masing blok pada Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 2.1. Input

1. Sensor PT100 digunakan sebagai sensor suhu. Sensor ini akan mendeteksi suhu air susu yang ada dalam tangki. Keluaran dari sensor ini adalah resistansi, sehingga perlu diubah menjadi tegangan agar dapat dijadikan masukan bagi kontroler yang akan digunakan, yaitu DCS SIMATIC PCS7.
2. HMI (*Human Machine Interface*) merupakan tampilan visual dari mini plant proses pasteurisasi susu yang di buat. Sehingga, siapapun dapat dengan mudah memahami sistem kerja dari plant yang dibuat
3. Sensor Water Level digunakan sebagai sensor volume. Sensor ini akan mendeteksi volume air susu yang ada dalam tangki. Keluaran dari sensor ini adalah tegangan, sehingga dapat dijadikan masukan bagi kontroler.

## 2.2. Proses

DCS merupakan sistem kontrol utama yang akan digunakan pada mini plant proses pasteurisasi susu ini. Didalam sistem DCS SIMATIC PCS7 terdapat metode PID (Proportional Integral Derivative), sehingga akan mempermudah dalam pengimplementasiannya

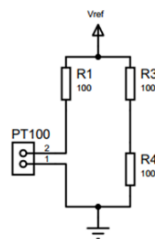
## 2.3. Output

- Heater merupakan elemen pemanas pada proses pasteurisasi susu ini. Panas yang dihasilkan heater akan digunakan untuk memanaskan air susu yang ada dalam tangki dan kemudian akan dideteksi oleh sensor PT100. Pengoperasian heater ini ialah dengan memberikan sumber tegangan AC, maka arus yang mengalir melalui hambatan berupa lilitan kawat Nikel-Chrome ini akan menghasilkan panas.
- Selenoid Valve digunakan untuk mengalirkan atau memberhentikan aliran susu ke proses selanjutnya.
- Pompa digunakan untuk menyerapakan atau mengalirkan cairan dari satu tempat ke tempat yang lain.
- Motor DC digunakan sebagai penggerakan pengaduk pada proses pewarnaan, agar pengaduk dapat bergerak dan cairan pewarna dapat tereamput secara merata.

## 2.4. Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal PT100

Sensor suhu PT 100 memiliki sifat sensitif terhadap perubahan suhu. Pada perancangan pengkondisi sensor suhu sensor PT100 akan dikalibrasi pada suhu 0 pada nilai resistansi 100 ohm. Kcluaran dari sensor suhu PT 100 resistansi dengan karakteristik kenaikan sebesar 0,385 ohm untuk setiap kenaikan suhu 1°C.

Untuk dapat digunakan, sensor suhu PT 100 yang keluarannya berupa resistansi diintergrasikan dengan rangkaian jernbatan wheatstone agar dapat menghasilkan output tegangan dengan range yang sesuai dengan input yang dibutuhkan oleh IC INA125P sebagai pengkondisi dan penguat sinyal untuk menghasilkan tegangan penguatan sesuai dengan range yang dapat menjadi input pada DCS. Berikut rangkaian jembatan wheatstone yang digunakan dalam pengkondisi sensor suhu:



Gambar 2. Jembatan *Wheatstone*

Gambar 2 menunjukkan skematik rangkaian jembatan wheatstone yang berfungsi untuk mengubah keluaran sensor yang semula resistansi ke dalam tegangan. Sensor PT100 memiliki 3 kaki pin yang diintegrasikan ke rangkaian jembatan wheatstone. Kaki pin sensor PT100

yang terhubung pada R1 dan R4 membentuk suatu jembatan wheatstone. Sesuai dengan datasheet, perubahan resistansi dengan pengaruh perubahan suhu didapatkan persamaan:

$$R_{pt} = 100 + (0.385 * \text{Suhu})$$

Sensor Suhu PT100 yang digunakan mampu mengukur suhu mulai dari  $-50^{\circ}\text{C}$  hingga  $400^{\circ}\text{C}$ , namun pada pengaplikasian sistem ini, range suhu yang digunakan adalah  $0^{\circ}\text{C}$  hingga  $100^{\circ}\text{C}$ . Untuk mendapatkan batas dari kedua range tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- Pada Suhu  $0^{\circ}\text{C}$   
 $R_{pt} = 100 + (0,385 * \text{Suhu})$   
 $R_{pt} = 100 + (0,385 * 0)$   
 $R_{pt} = 100 + 0$   
 $R_{pt} = 100 \Omega$
- Pada Suhu  $100^{\circ}\text{C}$   
 $R_{pt} = 100 + (0,385 * \text{Suhu})$   
 $R_{pt} = 100 + (0,385 * 100)$   
 $R_{pt} = 100 + 38.5$   
 $R_{pt} = 138,5 \Omega$

Berdasarkan perhitungan tegangan pada jembatan wheatstone didapatkan nilai  $V_b$  selalu tetap dan  $V_a$  yang berubah. Untuk mendapatkan nilai beda tegangan pada titik  $V_a$  dan  $V_b$ , adapun perhitungannya sebagai berikut :

Diketahui =  $V_{ref}$  IC INA125P adalah 5V

- $V_a$  pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$
- $V_a = \frac{R_{pt}}{R_{pt}+R_2} \times V_{in}$
- $= \frac{100 \Omega}{100\Omega+100\Omega} \times 5$
- $= 2.5V$

Selanjutnya, agar rangkaian INA125 dapat bekerja dan menghasilkan penguatan yang sesuai dengan kebutuhan DCS, yang dimana modul input menggunakan range tegangan  $-5V$  -  $+5V$ , maka perbandingan tegangan pada jembatan wheatstone dikuatkan. Untuk mendapat nilai penguatan yang di butuhkan, digunakan rumus persamaan yang sesuai dengan datasheet IC INA125P sebagai berikut:

- $\text{Gain} = 4 + \frac{60K\Omega}{R_g}$
- $12.5 = 4 + \frac{60K\Omega}{R_g}$
- $12.5 - 4 = \frac{60K\Omega}{R_g}$
- $8.5 \times R_g = 60k\Omega$
- $8.5R_g = 60k\Omega$
- $R_g = \frac{60K\Omega}{8.5}$
- $= 705.88\Omega$

Dengan penguatan yang dilakukan sebesar 12.5x, hasil keluaran dari jembatan wheatstone yang semula berode mV akan berubah menjadi V dan menghasilkan masukan yang

cukup bagi DCS dengan range tegangan -5V - +5V berikut yang diintegrasikan dengan jembatan wheatstone dan INA 125P.

## 2.5. Perancangan Konfigurasi Hardware

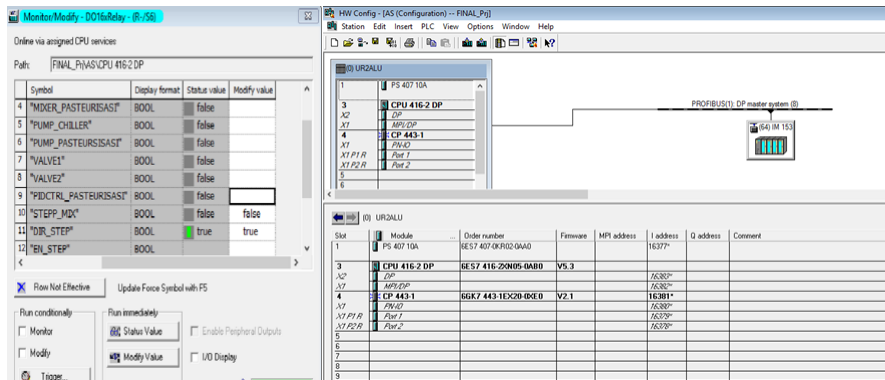
Perancangan konfigurasi Network ini dilakukan untuk membuat jaringan komunikasi antara controller DCS Siemens PCS7 dan ES (Engineering Station atau dapat dikatakan komunikasi antara OS (Operation Station) dengan ES (Engineering Station). Dengan demikian seluruh data pada ES dapat di-download ke controller Siemens Simatic PCS7. Berikut adalah konfigurasi Hardware dari setiap komponen :

**Tabel 1. Konfigurasi Hardware DCS SIEMENS**

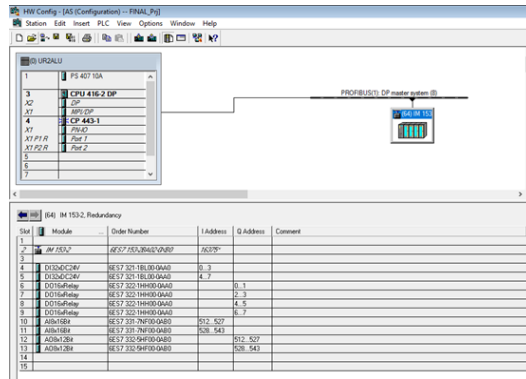
No	Komponen	Address Modul (nomor seri)
1	Set PG/PC Interface	Realtek PCIe GBE Family Control.TCP.1
2	User Application	SW V6.3
3	IE General	SW V7.1
4	PS 407 10A	6ES7 407-0KR02-0AA0
5	CPU 416-2	6ES7 416-2XN05-0AB0
6	CP 443-1	6ES7 443-1EX20-0XE0
7	Digital Input	6ES7 321-1BL00-0AA0
8	Digital Output	6ES7 322-1HH01-0AA0
9	Analog Input	6ES7 331-7NFF00-0AB0
10	Analog Output	6ES7 332-5HF00-0AB0

## 2.6. Perancangan Konfigurasi Hardware DCS SIEMENS PCS7

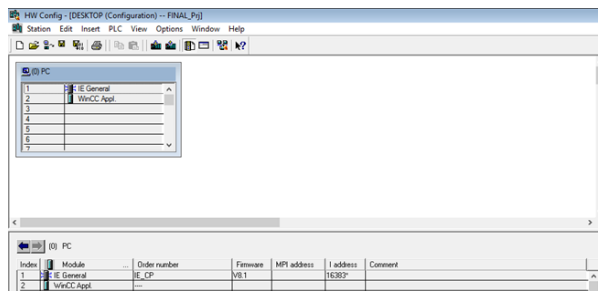
Konfigurasi hardware ini perlu dilakukan untuk mensinkronisasi antara pengaturan pada software dengan hardware yang dipakai. Jika pada konfigurasi ini tidak berhasil, maka hardware tidak dapat terhubung dengan software dari pemrograman yang dipakai (Simatic Manager). Konfigurasi hardware yang dilakukan yaitu Config AS (Automation System).



**Gambar 3. Konfigurasi Hardware Utama**



Gambar 4. Konfigurasi Hardware I/O



Gambar 5. Konfigurasi OS

Tabel 2. Pin Analog Input yang digunakan

Input	Keterangan
IW 518	TEMP_PASTEURISASI
Ground	Ground

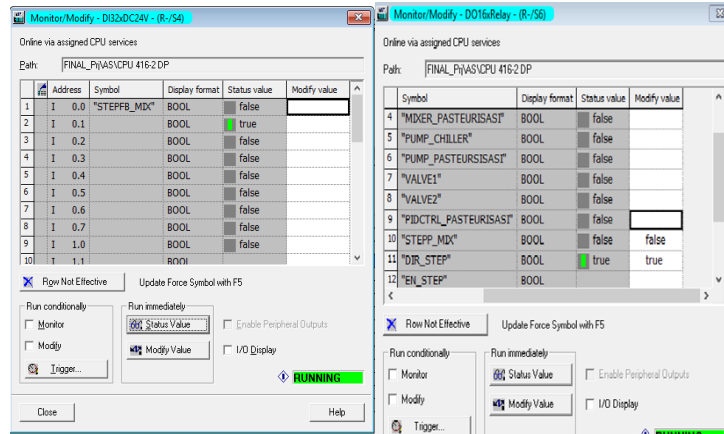
Tabel 3. Pin Digital Output yang digunakan

Input	Keterangan
Q 0.3	MIXER_PASTEURISASI
Q 0.5	PUMP_PASTEURISASI
Q 0.6	VALVE1
Q 1.0	PIDCTRL_PASTEURISASI

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Pengujian Dan Analisis Digital Input (DI) dan Digital Output (DO) Pada DCS

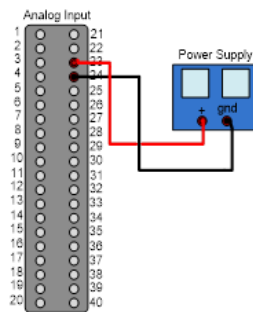
Pengujian digital input dan output dilakukan agar dapat diketahui bahwa port digital input dan output yang akan digunakan masih bekerja dan berfungsi dengan baik. Sehingga, input yang diberikan pada port digital input dapat di proses atau diolah oleh DCS yang kemudian memberikan keluaran yang sesuai. Hasil pengujian port digital input dan output ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian DI & DO

### 3.2. Pengujian dan Analisis Analog Input

Pengujian pada *analog input* untuk mengetahui pada pin – pin *analog input* dapat digunakan sebagai *input* yang mampu membaca data *output* dari sensor. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada pin *analog input* sesuai dengan rentang +/- 5V. Gambar 7 merupakan cara pengujian pada *analog input*.



Gambar 7. Cara Pengujian Pin Analog Input

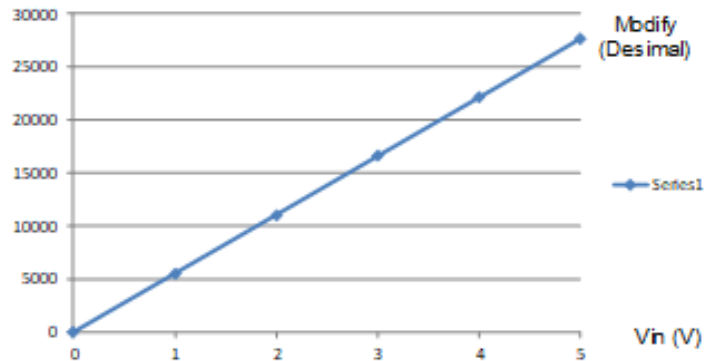
Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan dari catu daya ke pin *analog input*. Sehingga pada monitor/*modify* akan terlihat data yang masuk tetapi dalam bentuk bilangan hexa. Sehingga akan didapat hasil dari pengujian seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Analog Input DCS-PCS7

No.	Vin (Catu daya)	AI Modify (Hexa)	AI Modify (Desimal)
1.	0V	0000	0000
2.	1V	15A4	5540
3.	2V	2B48	11080
4.	3V	40EC	16620
5.	4V	5690	22160
6.	5V	6C34	27700

Jadi dari data pada Tabel 4 dapat dianalisis yaitu *input* yang sudah di-*setting* +/- 5V tersebut akan diolah oleh kontroler DCS-PCS7 menjadi bilangan hexa pada pin *analog input* berupa tegangan +/- 5V. Hasil pengujian *analog input* dari data diatas mampu menghasilkan

data yang cukup akurat dan linear. Dengan demikian *analog input* pada DCS-PCS7 dapat digunakan sebagai *analog input*. Gambar 8 merupakan grafik dari *input* dari catu daya dengan hasil pengolahan data dari catu daya yang diolah oleh kontroler menjadi bilangan hexa yang sudah diubah menjadi desimal.



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Analog Input

### 3.3. Pengujian dan Analisis Kontrol PID Suhu

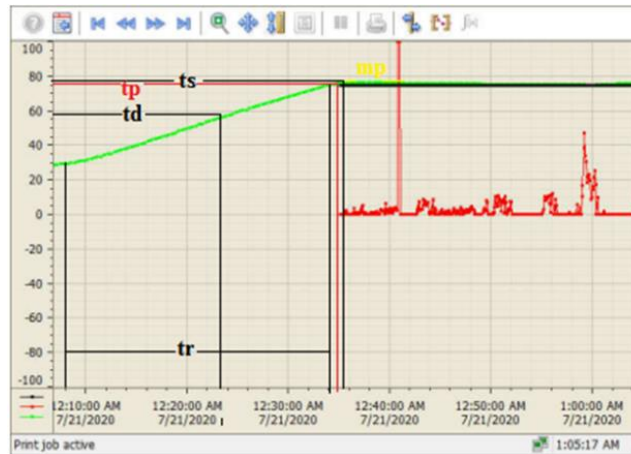
Pada pengujian kontrol PID ini mengacu pada perancangan PID Ziegler-Nichols untuk mencapai set point 75°C. Pada pengujian ini tidak diberikan gangguan karena untuk mengetahui respon sistem saat mencapai nilai set point saja. Kemudian didapatkan nilai parameter kontroler  $K_p=14.22$ ,  $T_i=330.6$  dan  $T_d=81.5$  yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Kurva Respon Terhadap Set Point 75°C dengan Nilai  $K_p=14.22$ ,  $T_i=330.6$  dan  $T_d=81.5$

Dari hasil pengujian sistem dengan suhu 75°C didapatkan grafik yang merupakan respon suhu menggunakan controller *PID* sehingga membentuk kurva seperti pada Gambar 9. Berdasarkan grafik respon pada gambar 9 didapat data sebagai berikut: delay time yaitu sebesar 632 s, rise time sebesar 1264 s, peak time yaitu sebesar 1348 s, settling time sebesar 1296 s, dan maksimum overshoot sebesar 3.06%.

Pada perencanaan *plant* dibutuhkan suhu yang tepat agar susu tidak rusak. Sehingga dilakukan *tuning* secara *trial and error* untuk mencari *error steady state* yang sangat minimal. Berikut ini merupakan kurva hasil *tuning* secara *trial and error*:



**Gambar 10. Kurva Respon terhadap Set Point 75°C dengan nilai  $K_p=22$ ,  $T_i=1857.72$ ,  $T_d=97.22$**

Pada pengujian kedua dengan seting suhu 75°C didapatkan grafik yang merupakan respon suhu menggunakan controller *PID* sehingga membentuk kurva seperti pada Gambar 10. Berdasarkan grafik respon pada gambar 10 didapat data sebagai berikut: delay time yaitu sebesar 786 s, *rise time* sebesar 1570 s, *peak time* yaitu sebesar 1620 s, *settling time* sebesar 1650 s, dan maksimum overshoot sebesar 1.6%.



**Gambar 11. Kurva Respon terhadap Set Point 60°C dengan nilai  $K_p=22$ ,  $T_i=1857.72$ ,  $T_d=97.22$**

Pada pengujian ketiga dengan seting suhu 60°C didapatkan grafik yang merupakan respon suhu menggunakan controller *PID* sehingga membentuk kurva seperti pada Gambar 11. Berdasarkan grafik respon pada gambar 11 didapat data sebagai berikut: delay time yaitu sebesar 488 s, *rise time* sebesar 979 s, *peak time* yaitu sebesar 1053 s, *settling time* sebesar 1153 s, dan maksimum overshoot sebesar 3.5%.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor suhu PT100 dibandingkan dengan thermometer menunjukkan bahwa pembacaan sensor suhu PT100 dapat dikatakan baik karena memiliki rata-rata error 0,26%. Error yang dihasilkan menunjukkan bahwa sensor suhu cukup akurat dan presisi sehingga mampu menampilkan kinerja yang baik pada sistem. Kemudian, proses pemanasan susu dengan menggunakan kontrol PID dengan kapasitas susu 6 liter dibutuhkan waktu sebanyak 1570 s dengan nilai  $K_p = 22$ ,  $T_i = 1857.72$  dan  $T_d = 97.22$  dengan hasil grafik menunjukkan waktu naik ( $T_r$ ) = 1570 s, waktu tunda ( $T_d$ ) = 786 s, waktu puncak ( $T_p$ ) = 1620s, waktu turun ( $T_s$ ) = 1650 s, maksimal overshoot ( $M_p$ ) = 1.6%. dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa implementasi kontrol PID yang terdapat pada perangkat DCS berhasil dilakukan dan kontroler dapat mempertahankan (menstabilkan) suhu air susu pada nilai set point yang diberikan. Pada pengujian sistem dengan setpoint suhu susu 75°C dan 60°C waktu yang diperoleh sampai dengan setpoint antara percobaan 75°C dan 60°C semakin cepat, hal ini dikarenakan suhu yang diinginkan berbeda 15°C.

#### Daftar Rujukan

- Rao, R. (2016). Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(1), 19-34.
- Gumilang, F. I., Rokhim, I., & Erdani, Y. (2015). Rancang Bangun Jaringan Komunikasi Multi PLC dengan Platform Sistem SCADA-DCS Terintegrasi. *Politeknik Manufaktur Negeri Bandung*.
- Setiawan, I., & Kontrol, P. I. D. (2008). untuk Proses Industri. *Elex Media Komputindo, Jakarta*.
- Putri, R. I., & MT, S. (2009). Pembangkit Tegangan Tinggi Pada Pasteurisasi Susu Dengan Pulse Electric Field (PEF). *Malang: Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang*.
- Rahmawati, D. (2014). Pengaruh Metode Pasteurisasi dan Jenis Starter yang Berbeda Terhadap Ph, Kadar Air dan Total Solid Keju Lunak Susu Kambing Peranakan Ettawa (Effect of Pasteurization Methods and Starter on Ph, Moisture and Total Solid Of Soft Cheese Of Peranakan Ettawa Go. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 14(1).
- Raso, J., Calderón, M. L., Góngora, M., Barbosa-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (1998). Inactivation of *Zygosaccharomyces bailii* in fruit juices by heat, high hydrostatic pressure and pulsed electric fields. *Journal of food science*, 63(6), 1042-1044.