

Sistem Pengontrol Suhu Ruangan Dengan Algoritma PID Menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A

Wahyu Sapto Aji , Ade Junaidi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan
Kampus III, Jln. Prof. Dr. Soepomo, S.H. Umbulharjo, Yogyakarta 551614
e-mail: adejunaidistc@gmail.com

Abstract

Automatic control is developed in various fields including the application of temperature control systems in a plant. The application of industrial temperature control is found in industrial rooms such as cooling chambers, drying chambers, and oven chambers. However, it is necessary to have an automatic controller to monitor and regulate the ambient temperature conditions for the system to work properly. In this paper, we present the design of room temperature control using OMRON CP1E-NA20DR-A PLC, incandescent lamp as a heat source, as well as LM35DZ sensor as the temperature sensor. This system uses PID Algorithm (Proportional, Integral, and Derivative) to make the control of the room temperature becomes faster and more precise. In addition, this prototipe provides two PID tuning options that are manual and auto tuning.

Keywords: temperature control; PID; PLC; LM35DZ; auto tuning

Abstrak

Pengendalian otomatis dikembangkan diberbagai bidang diantaranya adalah aplikasi sistem pengendalian temperatur pada suatu plant. Penerapan pengontrolan suhu pada industri banyak ditemukan pada ruangan industri seperti ruang pendingin, ruang pengeringan, dan ruang oven. Bagaimanapun, perlu adanya pengontrol otomatis untuk memantau dan mengatur kondisi suhu ruangan tersebut agar sistem dapat bekerja dengan baik. Pada paper ini, kami menyajikan perancangan kontrol suhu ruangan menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A, lampu pijar sebagai sumber panas, serta sensor LM35DZ sebagai sensor pembaca suhu. Sistem ini menggunakan Algoritma PID (*Proportional, Integral, and Derivative*) agar pengontrolan suhu ruangan menjadi lebih cepat dan presisi. Selain itu purwarupa ini menyediakan dua pilihan penalaan PID yaitu manual dan *autotuning*.

Kata kunci: kontrol suhu; PID; PLC; LM35DZ; *auto tuning*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini memegang peran penting dalam berbagai aspek tidak terkecuali di bidang teknologi otomasi yang terus mengalami perkembangan yang begitu pesat. Pengendalian otomatis sistem kendali atau sistem kontrol (*control system*) merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk mengendalikan suatu proses agar keluaran yang dihasilkan dapat dikontrolkan sehingga tidak terjadi kesalahan terhadap referensi yang ditentukan [8]. Pengendalian otomatis banyak diterapkan diberbagai bidang diantaranya aplikasi pengontrol suhu di industri, suhu sendiri merupakan besaran fisis yang mengalir dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah [1].

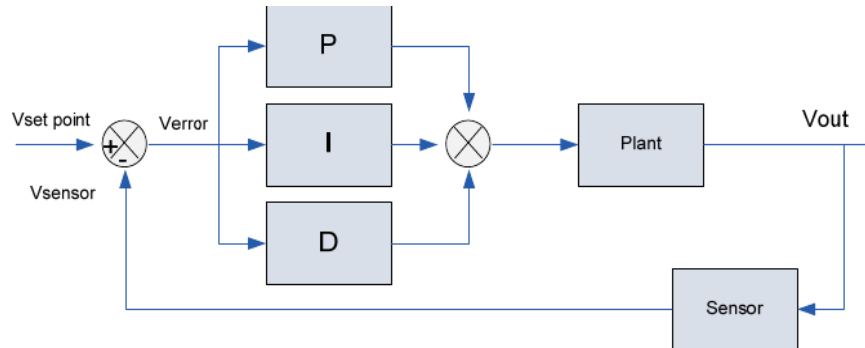
Pada purwarupa ini akan menggunakan lampu pijar sebagai pemanasnya, pemanas akan hidup bila suhu ingin dinaikkan, dan pemanas dimatikan apabila suhu ingin diturunkan. Sebagai pendeteksi suhu, pada purwarupa ini akan memanfaatkan sensor suhu LM35DZ yang memiliki linieritas sebesar 10 mV/°C [2], hasil yang diharapkan adalah purwarupa ini akan mampu memberikan perintah atau pengendalian terhadap kondisi suhu pada ruangan tersebut. Purwarupa ini didesain agar dapat dimanfaatkan untuk keperluan lebih lanjut dalam pengontrolan suhu baik dalam ruangan maupun pada tempat-tempat khusus yang memerlukan pengendalian terhadap suhu.

2. Metode Penelitian

Sistem pengontrol suhu ruangan pada penelitian ini menggunakan algoritma PID untuk melakukan pengolahan terhadap nilai masukan, sistem pengontrol suhu dengan algoritma PID diterapkan pada PLC OMRON CP1E-NA20DR-A menggunakan fungsi PIDAT. Fungsi PIDAT adalah algoritma PID dengan *autotuning* yang sudah tersedia pada CX-Programmer [3] [4] [6] [7].

2.1. Prinsip Kerja Sistem

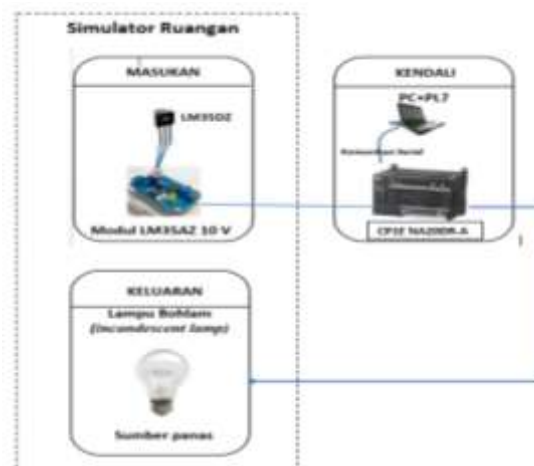
Pada dasarnya prinsip kerja sistem pengontrol suhu ini adalah dengan memanfaatkan logika PID untuk mengatur pemrograman pada PLC agar pengendalian suhu ruangan dapat dilakukan lebih optimal. Nilai *set point* dan juga umpan dari sensor akan di proses dengan algoritma PID yang kemudian hasilnya akan digunakan untuk mengatur plant pengontrolan suhu ruangan, gambaran prinsip kerja sistem dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Kendali PID pengontrol suhu ruangan

2.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari 3 bagian utama yaitu sistem kontrol, sensor, dan perangkat sirkulasi udara. Sistem kontrol pada rancangan perangkat keras ini dilakukan oleh OMRON CP1E NA20DR-A untuk melakukan pengontrolan serta pengolahan data pada sensor, sedangkan sensor yang digunakan yaitu LM35DZ, Penggunaan lampu pijar (*incandescent lamp*) bertujuan untuk menggantikan sumber panas pada simulasi, sumber panas inilah yang kemudian dikontrol jika suhu ruangan mencapai batas nilai tertentu.

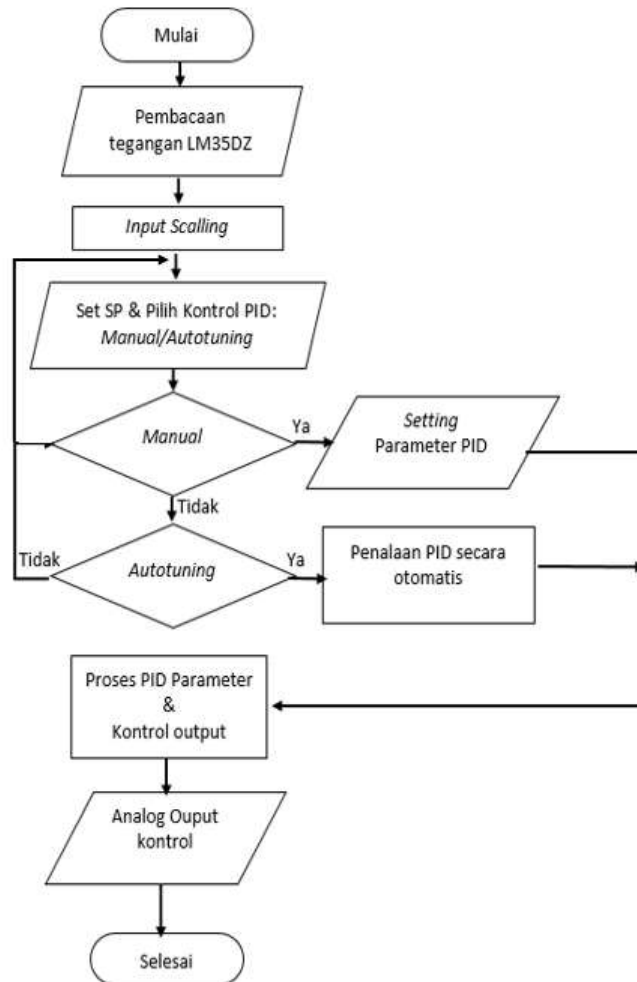


Gambar 2. Diagram blok rancangan perangkat keras

Keterangan diagram rancangan perangkat keras pada Gambar 2 terdiri dari 3 blok utama yaitu masukan yang terdiri dari modul LM35 untuk pembacaan suhu, blok kendali yang terdiri dari OMRON CP1E NA20DR-A sebagai pengontrol serta pengolah data, dan blok keluaran berupa lampu pijar (*incandescent lamp*) sebagai penghasil panas yang kemudian dikontrol untuk menjaga kondisi suhu yang ada pada simulator ruangan.

2.3. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini dibangun menggunakan perangkat lunak yang mendukung pemrograman OMRON CP1E NA20DR-A yaitu CX-ONE. Pada CX-ONE rancangan perangkat lunak akan dibangun sesuai dengan prinsip kerja yang ditunjukkan flowchart program pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart program pengontrolan suhu ruangan

Gambar 3 menjelaskan prinsip perangkat lunak diawali dari proses pembacaan tegangan pada sensor LM35DZ, setelah itu tegangan ini akan diolah untuk penskalaan ke *celcius*, nilai hasil penskalaan kemudian digunakan sebagai *Process Variable* (PV), selanjutnya menginputkan nilai *Set Point* (SP) yang menjadi acuan dalam pengontrolan suhu serta mode kontrol yang akan dilakukan pada sistem (*Manual/Autotuning*).

Mode manual mengharuskan pengaturan parameter secara manual, sedangkan *autotuning* akan melakukan proses penentuan parameter secara terprogram, data tersebut akan diolah untuk mengontrol keluaran sistem, data keluaran tersebut akan dimanfaatkan oleh analog *output* untuk mengontrol suhu agar sesuai dengan *set point* yang telah dimasukkan.

2.4. Pengujian Sistem

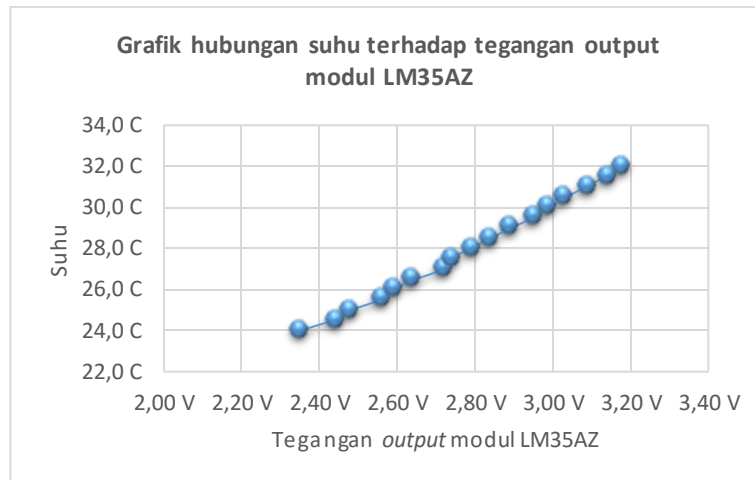
Pengujian sistem meliputi pengujian perangkat keras dan juga perangkat lunak. Pengujian perangkat keras dimaksudkan untuk menguji perangkat keras yang digunakan meliputi pengujian sensor LM35DZ, serta integrasi dengan perangkat keras lainnya. Pengujian dimaksudkan untuk menguji perangkat lunak yang telah dibuat agar dapat terkoneksi dengan perangkat keras yang telah dibuat, dan dimaksudkan untuk memastikan perangkat keras sudah bekerja sesuai dengan perancangan cara kerja alat yang dibuat.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada pembahasan ini akan menampilkan hasil pengujian terhadap perangkat keras dan perangkat keras serta pemodelan sistem dengan menggunakan matlab.

3.1. Pengujian Modul LM35AZ

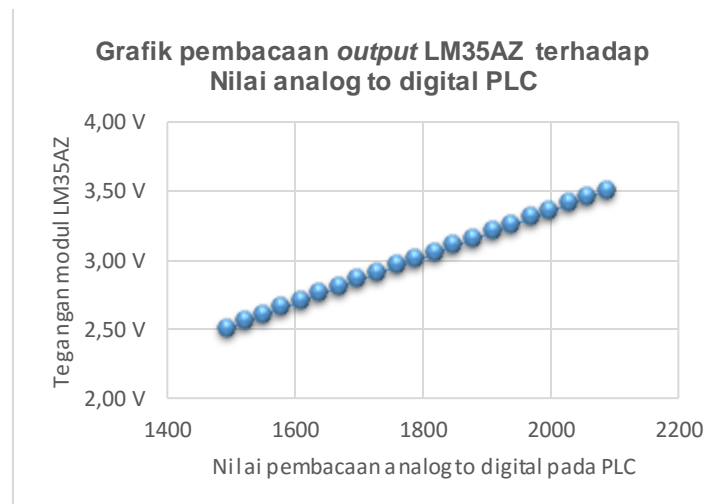
Modul LM35AZ merupakan modul yang dibangun dari sensor LM35AZ yang keluarannya sudah dinaikkan menjadi 10 kali lipat dari tegangan aslinya, sehingga LM35DZ yang sebelumnya memiliki linearitas 10 mV/C° maka pada modul LM35AZ akan berubah linearitasnya menjadi 100 mV/C°. Pengujian modul LM35AZ adalah dengan cara membandingkan perubahan nilai tegangan keluaran modul LM35AZ terhadap kenaikan suhu, dalam pengujian ini digunakan termometer digital sebagai pembanding. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan suhu terhadap tegangan keluaran modul LM35AZ

3.2. Pengujian Analog Input PLC

Pengujian analog input pada PLC dilakukan untuk mengetahui apakah analog input pada PLC yang digunakan dapat berjalan dengan baik, dengan cara mengamati nilai masukan yang terjadi pada PLC dengan menggunakan program CX-programmer, maka kondisi input analog dapat diketahui. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.

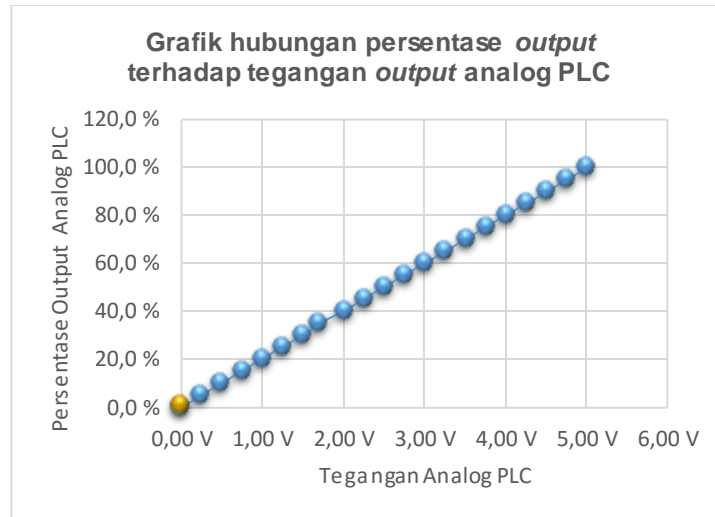


Gambar 5. Grafik hubungan keluaran modul LM35AZ terhadap input PLC

Pengambilan data Pengujian analog input pada PLC dilakukan dengan memberikan suhu tertentu pada LM35AZ, yang kemudian akan menghasilkan tegangan output, selanjutnya output diamati melalui pembacaan analog input PLC pada program CX-Programmer.

3.3. Pengujian Analog *output* PLC

Pengujian analog *output* pada PLC dilakukan untuk mengetahui apakah analog *output* pada PLC berjalan dengan baik, dengan mengamati nilai keluaran yang terjadi pada PLC maka kondisi *output* analog dapat diketahui, berikut ini adalah data yang menunjukkan perubahan nilai keluaran pada PLC terhadap perubahan persentase pengaturan *output* PLC. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan persentase *output* terhadap tegangan *output* analog PLC

3.4. Pengujian Solid State Relay (SSR)

Pengujian *Solid State Relay* (SSR) dilakukan dengan cara memberikan *range* kerja tegangan yang berkisar antara 0VDC-5VDC [5], sedangkan *output* diberi tegangan 240VAC, Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh nilai masukan pada *Solid State Relay* (SSR) terhadap tegangan keluarannya. Berikut ini adalah data yang menunjukkan perubahan tegangan *input* terhadap keluaran SSR. Grafik pengujian ditunjukkan pada Gambar 7.



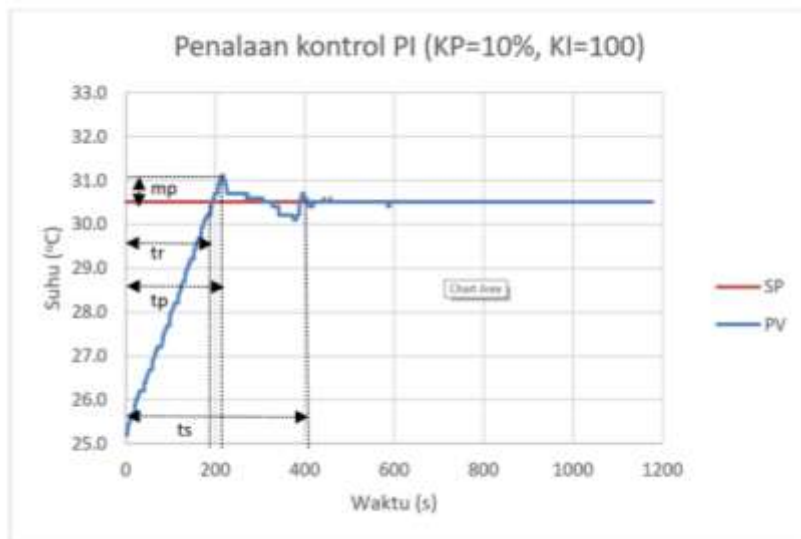
Gambar 7. Grafik hubungan tegangan *input* dan *output* pada SSR

Berdasarkan data yang diperoleh, saklar pada SSR mulai menutup pada tegangan 3,16 V- 3,46 V dengan *output* yang tidak stabil yang menyebabkan lampu pijar berkedip dan redup, pada tegangan 3,51 V saklar SSR menutup dengan sempurna dengan *output* 240 VAC.

3.5. Pengujian Penalaan PID Secara Manual

3.5.1. Pengujian Kontrol PI ($K_P=10\%$, $K_I=100$)

Pengujian kontrol PI secara manual pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai $K_P=10\%$ dan nilai $K_I=100$ serta nilai *Set Point* (SP) =30.5 °C, berikut ini adalah Gambar 8 yang menunjukkan grafik kontrol PI.

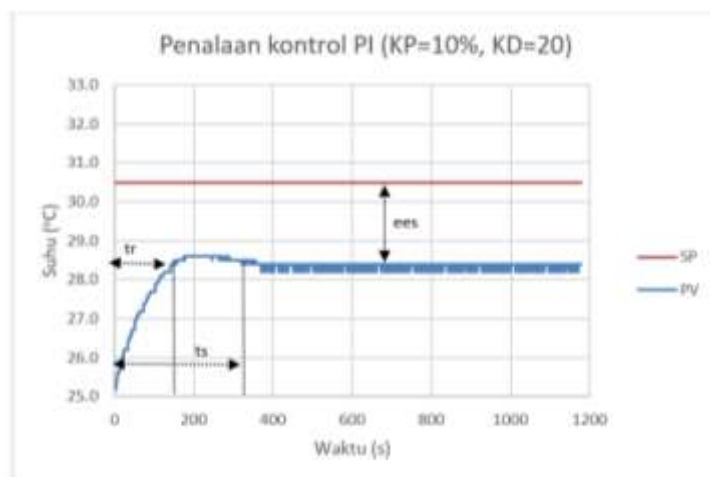


Gambar 8. Grafik penalaan manual PID ($K_P=10\%$, $K_I=100$)

Penalaan PI secara manual pada pengujian ketiga menghasilkan tanggapan sistem dengan $t_r=193$ detik, waktu puncak (*peak time*) $t_p=214$ detik, serta waktu tunak (*settling time*) $t_s=405$ detik. Tanggapan sistem ini juga menghasilkan *maximum over shoot* (mp) sebesar 0.6 °C dari nilai *set point* (SP).

3.5.2. Pengujian Kontrol PD ($K_P=10\%$, $K_D=20$)

Pengujian kontrol PD secara manual pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai $K_P=10\%$ dan nilai $K_D=20$ serta nilai *Set Point* (SP) =30.5 °C, berikut ini adalah Gambar 9 yang menunjukkan grafik kontrol PD.



Gambar 9. Grafik Penalaan Manual PID ($K_P=10\%$, $K_D=20$)

Penalaan PD secara manual pada pengujian ketiga menghasilkan tanggapan sistem dengan $t_r=142$ detik, begitu juga dengan waktu tunak (*settling time*) juga memiliki nilai yaitu $t_s=142$ detik. Tanggapan sistem ini juga menghasilkan *ess* (*error steady state*) sebesar $2.1\text{ }^\circ\text{C}$ dari nilai *set point* (SP).

3.5.3. Pengujian Kontrol PID ($K_P=10\%$, $K_I=100$, $K_D=20$)

Pengujian kontrol PID pada pengujian ini dilakukan dengan memberikan nilai $K_P=10\%$, $K_I=100$, dan $K_D=20$ serta nilai *Set Point* (SP) $=30.5\text{ }^\circ\text{C}$, berikut ini adalah Gambar 10 yang menunjukkan grafik kontrol PID.

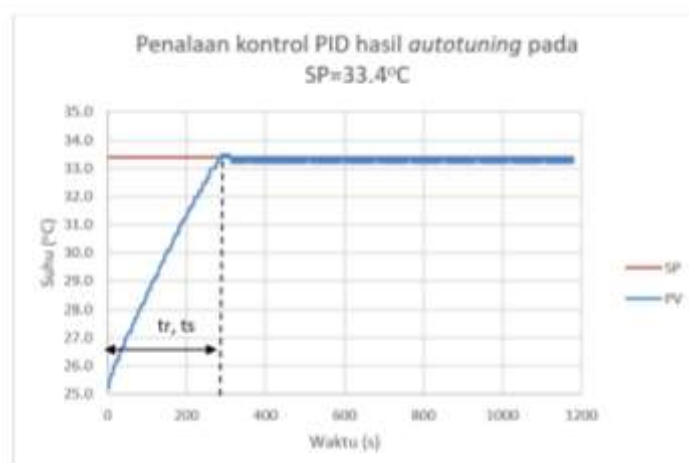


Gambar 10. Grafik penalaan manual PID ($K_P=10\%$, $K_I=100$, $K_D=20$)

Penalaan PID secara manual pada pengujian ketiga menghasilkan tanggapan sistem dengan $t_r=190$ detik, waktu puncak (*peak time*) $t_p=250$ detik, serta waktu tunak (*settling time*) $t_s=703$ detik. Tanggapan sistem ini juga menghasilkan *maximum over shoot* (mp) sebesar $1.5\text{ }^\circ\text{C}$ dari nilai *set point* (SP).

3.6. Penalaan PID Secara Otomatis (Autotuning) $SP=33.4\text{ }^\circ\text{C}$

Proses penalaan secara *autotuning* pada pengujian ketiga dilakukan dengan mengaktifkan mode *autotuning* serta memberikan nilai (*Set Point*) $SP=33.4\text{ }^\circ\text{C}$ dan $\text{sampling}=0.5\text{ s}$. Hasil penalaan membutuhkan waktu selama 345 detik, hingga nilai PID menghasilkan nilai $K_P=0.1\%$, $K_I=58$, dan $K_D=7$. Berikut ini adalah Gambar 11 yang menunjukkan hasil penalaan ulang pada $SP=33.4\text{ }^\circ\text{C}$.

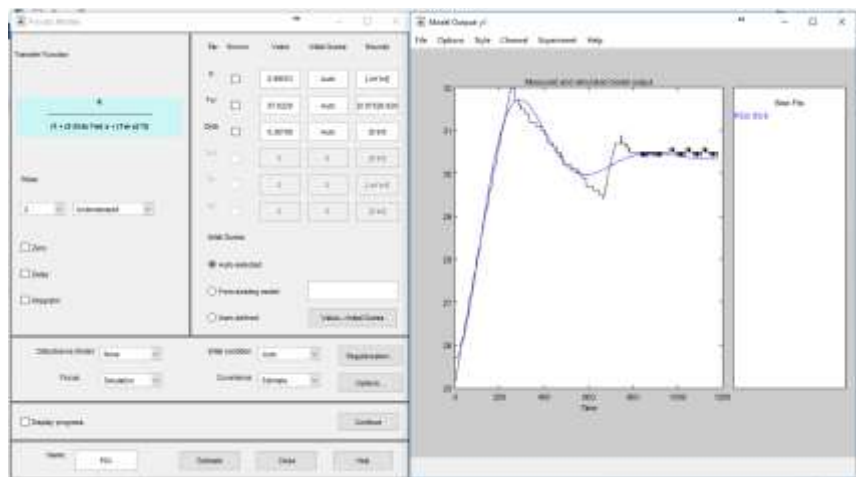


Gambar 11. Penalaan PID hasil *autotuning*, $SP=33.4\text{ }^\circ\text{C}$ ($K_P=0.1\%$, $K_I=58$, dan $K_D=8$)

Pengujian terhadap parameter PID yang dihasilkan secara *autotuning* pada $SP=33.4^{\circ}C$, menghasilkan respon sistem dengan kecepatan waktu naik (*rise time*) dan waktu tunak (*settling time*) sebesar 322 detik. Pengontrolan ini tidak menghasilkan nilai melampaui batas acuan (*maximum overshoot*) serta gangguan keadaan tunak (*error steady state*) yang kecil, sehingga menghasilkan keadaan yang stabil sesuai dengan nilai acuan pada SP (*Set Point*).

3.7. Pemodelan Sistem Menggunakan Matlab

Pemodelan sistem dilakukan dengan menggunakan sistem indentifikasi pada matlab, data *output* yang diperoleh dari PLC berupa excel harus terlebih dahulu didefinisikan variabelnya menggunakan perintah "iddata(variabel keluaran, masukan, sampel waktu)", setelah itu membuka *identification system tools* pada bagian menu APPS, selanjutnya menambahkan variabel yang telah dibuat kemudian melakukan *estimate* untuk melihat pemodelan sistemnya. Gambar 12 ini adalah hasil pemodelan sistem .



Gambar 12. Pemodelan sistem menggunakan matlab

Pemodelan sistem yang diujikan diambil dari data pengujian PID yang telah diujikan dengan pengaturan parameter PID ($K_p=10\%$, $K_i=100$, $K_d=20$), Gambar 13 adalah identifikasi pada matlab.

```
Command Window
>> P20
P20 =
Process model with transfer function:
      Kp
-----
1+2*Zeta*Tv*s+(Tv*s)^2

      Kp = 0.99553
      Tv = 87.623
      Zeta = 0.36709

Name: P20
Parameterization:
  *P20*
  Number of free coefficients: 3
  Use *getpvec*, *getcov* for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "data".
Fit to estimation data: 83.4%
FPE: 0.04326, MSE: 0.0429
>> hasil=sym('0.99553/(1 + 2*0.36709*87.623*s + (87.623*s)^2)')

hasil =
0.99553/(7477.790129*s^2 + 64.33105414*s + 1)
```

Gambar 13. Fungsi alih dari hasil estimasi matlab

Fungsi yang telah diperoleh selanjutnya diolah kembali dengan memasukkan parameter yang telah didapat yaitu parameter $K_p=0.99553$, $T_w=87.623$, dan $Zeta=0.36709$. Sehingga persamaan fungsi alih dari pemodelan sistem :

$$G(s) = \frac{K_p}{1+2 \cdot Zeta \cdot T_w \cdot s^2 + (T_w \cdot s)^2} \quad (1)$$

$$G(s) = \frac{0.99553}{7677.790129 s^2 + 64.33105414 s + 1} \quad (2)$$

Persamaan pemodelan yang telah didapatkan, menunjukkan bahwa fungsi alih yang diperoleh merupakan sistem dengan orde 2, hal ini dapat dilihat dari pangkat tertinggi pada variabel (s), yaitu 2.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai sistem pengontrol suhu ruangan dengan algoritma PID menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A, penelitian ini telah berhasil merancang purwarupa dan mengaplikasikan kontrol suhu ruangan dengan menggunakan PLC OMRON CP1E-NA20DR-A, penelitian ini juga telah berhasil menerapkan fungsi kontrol PID otomatis (*autotuning*) dan kontrol PID manual yang dapat di kontrol langsung pada tampilan antarmuka pengontrol suhu ruangan. Berdasarkan hasil pengujian, pada nilai *setpoint* antara 25°C – 35°C respon sistem akan bekerja dengan baik pada nilai konstanta *Proportional* 0,1%, *Integral*= 52, dan *Derivative*= 7, pada pengaturan ini menghasilkan respon sistem yang cepat dalam mencapai kestabilan dan nilai *overshoot* yang kecil (*overshoot*= 0).

Referensi

- [1] Bueche, F.J & Hecht, E. (2006). Schaum's Outlines Teori dan Soal-soal Fisika Universitas Edisi Kesepuluh. Jakarta: Erlangga.
- [2] National Semiconductor. (n.d.). Datasheet LM35DZ Precision Centigrade Temperature Sensors.
- [3] OMRON. (2009). CP1E Cost-effective CP1E with Enhanced Expandability for Analog and Temperature Control. Japan: OMRON Corporation.
- [4] OMRON. (2014). CP1E CPU Unit Instructions Reference Manual. Printed in Japan: OMRON Corporation.
- [5] OMRON. (n.d). Solid State Relay (SSR) G3MB. Diperoleh dari <http://www.omron-russia.com/doc/relay/ssr/g3mb.pdf>. (diakses pada 22 Mei 2017).
- [6] OMRON. (n.d). CX-ONE Introduction Guide. Japan: OMRON Corporation
- [7] OMRON. (n.d). CX-Programmer Introduction Guide. Japan: OMRON Corporation
- [8] Rawung, A. E. (2013). Perencanaan Sistem Kontrol. Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.