

## **OTOMASI SISTEM DESTILASI MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1H DAN KONTROL SUHU DENGAN KENDALI AUTO TUNING PID DALAM PENAMPIL SCADA**

**Tito Rano Pradibto dan Kusworo Adi**

*Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang*

*Email: titorano@st.fisika.undip.ac.id*

### **ABSTRACT**

*Industrial world today can't be separated with the problem of automation for various production facilities, one of them is the process of distillation in industry or the oil refining industry. Distillation is the process of separating substance by boiling point, where the temperature becomes the focal point of the phase that change process so it to control of substances that aims to keep the temperature value in the range of desired values. In this study using a multilevel distillation system, so it has two set of controlling temperature points.*

*Operation of distillation system automatically works with the help of controls Service such as PLC OMRON CP1H and temperature control with auto tuning PID (Proportional Integral Derivative). The system is equipped with SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) and data logger so as to facilitate the operation of automation and configuration PID parameters such as proportional coefficient ( $K_p$ ), the integral time ( $T_i$ ), the time derivative ( $T_d$ ). Modeling materials processed using methanol with 64 °C boiling point and ethanol with a boiling point of 78 °C.*

*Results of the research showed us that the temperature control system can use the auto tuning PID controled by a PLC can be done, a good temperature control is obtained with a small error rate. auto tuning method is still having oscillations, but a PID value will be automatically calculated quickly so that a constant parameter values obtained to get the stability of temperature. The value of maximum overshoot ( $M_p$ ) of auto tuning of 9,09% and error steady state (ESS) of 1.53%. Results of calculation from the value of parameter auto tuning PID used as next tuning parameters and steady state response is obtained more quickly, with  $M_p$  of 4,61% and 0% of ESS.*

*Keywords : Distillation, Control, PLC, OMRON, PID, SCADA.*

### **ABSTRAK**

Dunia industri saat ini tidak dapat lagi dipisahkan dengan masalah otomasi untuk berbagai sarana produksi, salah satunya proses destilasi pada beberapa industri kilang minyak ataupun industri penyulingan. Destilasi merupakan proses pemisahan zat berdasarkan titik didih, dimana suhu menjadi poin utama dalam proses perubahan fase zat sehingga dibutuhkan pengendalian yang bertujuan menjaga nilai suhu berada pada kisaran nilai yang diinginkan. Penelitian rancang bangun ini menggunakan sistem destilasi bertingkat, sehingga mempunyai dua set point suhu yang dikendalikan.

Pengoperasian sistem destilasi secara otomatis bekerja dengan bantuan alat kontrol berupa PLC OMRON CP1H dan pengendalian suhu dengan auto tuning PID (Proportional Integral Derivative). Sistem dilengkapi dengan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) beserta data logger sehingga memudahkan dalam pengoperasian otomasi dan konfigurasi parameter PID seperti koefisien proporsional ( $K_p$ ), waktu integral ( $T_i$ ), waktu derifatif ( $T_d$ ). Pemodelan bahan yang diolah menggunakan metanol dengan titik didih 64 °C dan etanol dengan titik didih 78 °C.

Hasil dari penelitian diketahui bahwa sistem pengendalian suhu menggunakan kendali auto tuning PID dengan kontrol PLC dapat dilakukan, didapatkan kendali suhu yang baik dengan tingkat kesalahan yang kecil. Metode auto tuning masih mengalami osilasi, namun secara otomatis nilai PID akan dikalkulasi dengan cepat sehingga didapatkan nilai parameter yang konstan untuk mendapatkan kestabilan suhu. Nilai lonjakan maksimum ( $M_p$ ) dari auto tuning sebesar 9,09 % dan error steady state (ESS) sebesar 1,53 %. Hasil kalkulasi nilai parameter dari auto tuning dijadikan tuning PID selanjutnya dan didapatkan respons steady state yang lebih cepat, dengan  $M_p$  sebesar 4,61% dan ESS sebesar 0 %.

Kata kunci : Destilasi, Kontrol, PLC, OMRON, PID, SCADA.

### **PENDAHULUAN**

Kestabilan dalam sebuah parameter tertentu pasti akan mempengaruhi hasil produk yang dihasilkan, dalam kasus penyulingan pengendalian suhu merupakan salah satu faktor penting pada sistem destilasi. Pengendalian ini bertujuan untuk menjaga nilai suhu agar berada pada kisaran nilai yang diinginkan sesuai dengan produk yang akan

dihasilkan. Mengingat pada industri penyulingan minyak atsiri dan bioetanol masih menggunakan teknologi konvensional, maka dibutuhkan sebuah kontroler destilasi untuk penyulingan. Kontroler tersebut akan mengontrol sistem plant maupun kontrol suhu, sehingga kontrol tidak lagi dilakukan dengan manual.

Destilasi yang dibuat yaitu *batch processing* dengan pencampuran 3 macam larutan diantaranya metanol dengan titik didih 64°C, etanol dengan titik didih 78°C dan air. Pengukuran nilai suhu menggunakan sensor termokopel yang kemudian nilai suhu yang didapat akan diolah menggunakan PLC dengan kendali auto tuning PID. Pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap sebuah *plant* diperlukan sebuah SCADA yang dilengkapi dengan konfigurasi parameter *manual tuning* PID ataupun *auto tuning* serta *data logger*.

Dibuatnya kontrol sistem destilasi dan kendali suhu tersebut diharapkan sistem dapat bekerja secara optimal dan tingkat kesalahan saat produksi dapat ditekan baik itu dilakukan oleh mesin atau operator. *Interface* SCADA juga memberikan manfaat yang sangat baik, yaitu proses *plant* dapat dilakukan *monitoring* dan *controlling*.

**DASAR TEORI**

**Destilasi**

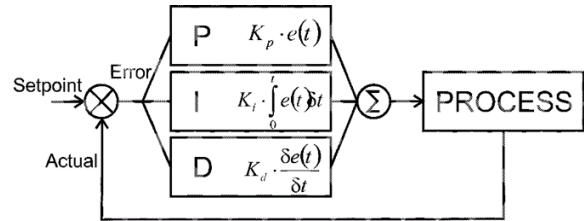
Destilasi merupakan proses pemisahan fisika, penguapan cairan dan pengembunan kembali uap tersebut pada suhu titik didih. Titik didih suatu cairan adalah suhu dimana tekanan uapnya sama dengan tekanan atmosfer. Cairan yang diembunkan kembali disebut destilat (Sahidin, 2008).

**Kendali Proportional Integral Derivative (PID)**

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa pengertian pengendali adalah suatu proses pengaturan terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau dalam suatu nilai *range* tertentu (Bolton, 2006).

Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing pengendali P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel menjadi kontrol proporsional integral diferensial. Elemen-elemen pengendali P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghasilkan *offset* dan menghasilkan

perubahan awal yang besar. Gambar 1 menunjukkan blok diagram kendali PID (Gunterus, 1994).



**Gambar 1** Blok diagram kontrolir PID analog<sup>[2]</sup>.

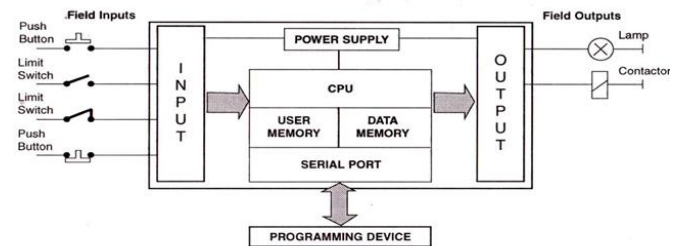
Dalam waktu kontinu, sinyal keluaran pengendali PID dirumuskan sebagai

$$U(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

dengan  $U(t)$  merupakan sinyal keluaran pengendali PID,  $K_P$  merupakan konstanta proporsional,  $T_i$  merupakan waktu integral,  $T_d$  merupakan waktu turunan dan  $e(t)$  merupakan sinyal *error*. (Ogata, 2010).

**Programmable Logic Controller (PLC)**

*Programmable Logic Controller* (PLC) pada dasarnya adalah sebuah komputer yang khusus dirancang untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol ini dapat berupa regulasi variabel secara kontinu seperti pada sistem-sistem servo atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan (*On/Off*) saja tapi dilakukan secara berulang-ulang seperti umum kita jumpai pada mesin pengeboran, sistem konveyor, dan lain sebagainya. Gambar 2 berikut memperlihatkan konsep pengontrolan dan komponen pembangun sebuah PLC (Suhendar, 2005).



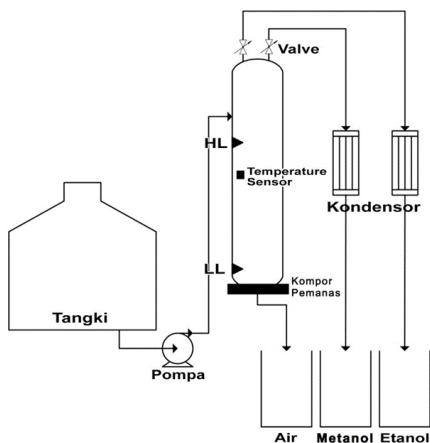
**Gambar 2** Konsep pengontrolan dan komponen pembangun PLC <sup>[5]</sup>.

**Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)**

Secara sederhana sistem SCADA merupakan sistem yang dapat melakukan pengawasan, pengendalian dan akuisisi data terhadap sebuah *plant*. Dalam terminologi kontrol, *supervisory control* sering mengacu pada kontrol yang tidak langsung, namun lebih pada fungsi koordinasi dan pengawasan. Dengan kata lain, pengendalian utama tetap dipegang oleh PLC (atau pengendali lainnya) sedang kontrol SCADA hanya bersifat koordinatif dan sekunder (Wicaksono, 2012).

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini melakukan rancang bangun kontrol distilasi bertingkat yang mempunyai 2 (dua) *setpoint* temperatur yang dikendalikan. Sistem distilasi dilakukan untuk pemisahan dari campuran 3 (tiga) senyawa, yaitu metanol, etanol dan air. *Setpoint* pertama proses pemisahan metanol dengan titik didih 65°C, kemudian *setpoint* kedua proses pemisahan etanol dengan titik didih 78°C. Pengukuran nilai temperatur pada sistem distilasi menggunakan sensor termokopel. Skematik sistem ditunjukkan pada Gambar 3.



**Gambar 3** Skematik rancang bangun sistem distilasi

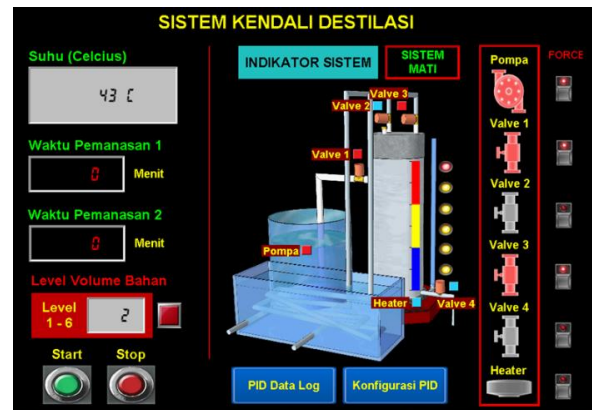
Pengendalian temperatur pada sistem distilasi dilakukan menggunakan kendali *auto tuning* PID. Hasil yang didapatkan dari kalkulasi *auto tuning* PID kemudian digunakan sebagai parameter PID untuk tuning berikutnya. Grafik keluaran PID dapat diketahui nilai *error steady state* (ESS), yaitu harga *error* pada keadaan stabil dikurang

dengan *setpoint*, kemudian harga *overshoot* maksimum (*Mp*) berupa persentase yang dihitung dengan persamaan (Norman, 2011),

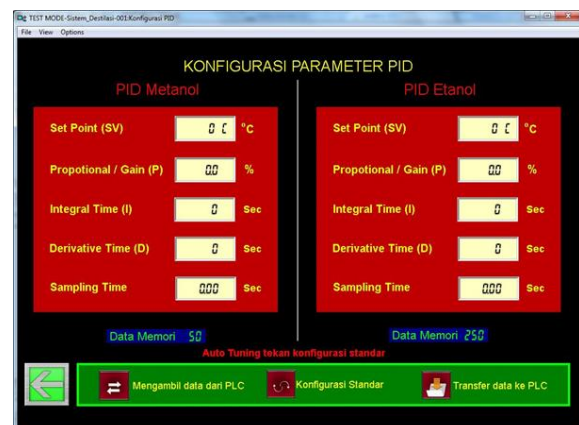
$$\%Mp = \frac{C_{max} - C_{final}}{C_{final}} \times 100\% \quad (2)$$

dimana  $C_{max}$  adalah lonjakan maksimum variabel yang di atur,  $C_{final}$  merupakan keadaan stabil dari variabel yang diatur.

Kontrol sistem penggerak plant dan sistem kendali diintegrasikan menggunakan PLC Omron CP1H secara otomatis, baik sensor, kendali PID maupun komunikasi SCADA. Keluaran dari nilai PID akan diolah menjadi *time proporsional output* berupa pulsa *on-off* untuk menghidupkan dan mematikan pemanas. Kontrol sistem distilasi sepenuhnya dikendalikan oleh SCADA. *Interface* SCADA pada perancangan ini meliputi *monitoring* sistem, input parameter dan *data logger*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

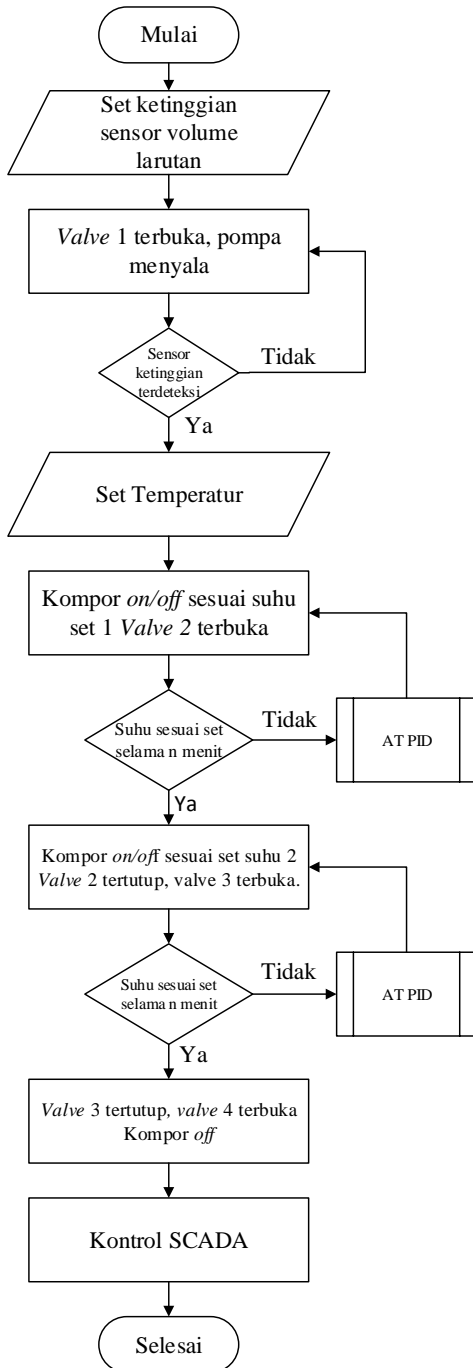


**Gambar 4** Kontrol SCADA pada sistem distilasi



**Gambar 5** Kontrol SCADA pada sistem distilasi

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan diagram alir kerja sistem keseluruhan. Sistem dijalankan melalui SCADA dengan memberikan nilai parameter ketinggian dan konfigurasi PID seperti Gambar 6, kemudian sistem akan berjalan otomatis dengan adanya masukan sensor ketinggian dan suhu. Masukan tersebut akan memberikan keluaran perintah aliran *valve* dan pemanas sesuai dengan program yang diberikan pada PLC.

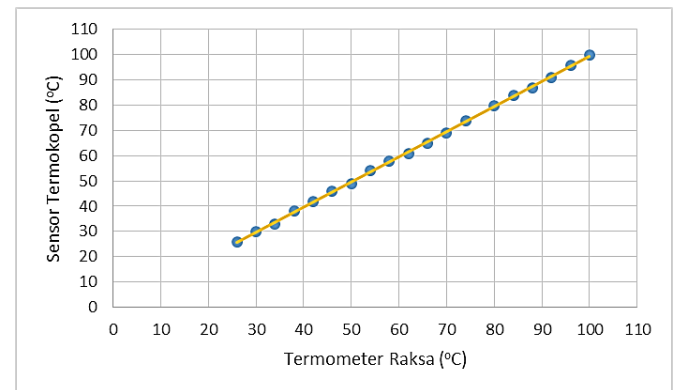


Gambar 6 Diagram alir kerja sistem keseluruhan

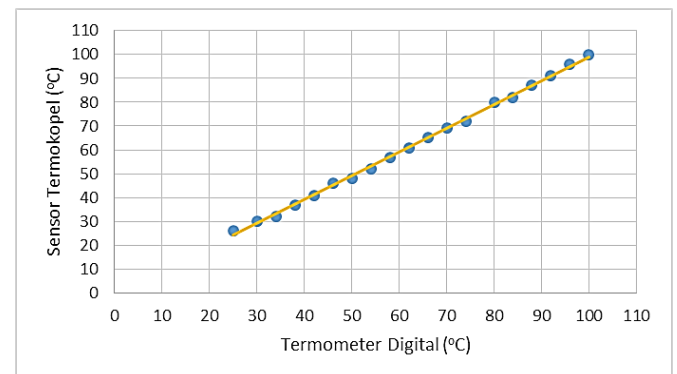
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perbandingan temperatur sensor termokopel dengan termometer raksa dan digital

Nilai temperatur dari sensor termokopel dilakukan perbandingan untuk mengetahui apakah sensor tersebut sudah memiliki nilai temperatur yang sesuai dengan nilai sebenarnya. Sensor termokopel akan dibandingkan dengan dua termometer, yaitu termometer raksa dan termometer digital. Adapun nilai perbandingan yang telah di peroleh ditunjukkan pada Gambar 7 untuk hasil perbandingan antara sensor termokopel dengan termometer raksa dan Gambar 8 untuk hasil perbandingan antara sensor termokopel dengan termometer digital.



Gambar 7 Perbandingan nilai suhu antara suhu sensor termokopel dengan termometer raksa



Gambar 8 Perbandingan nilai suhu antara suhu sensor termokopel dengan termometer digital

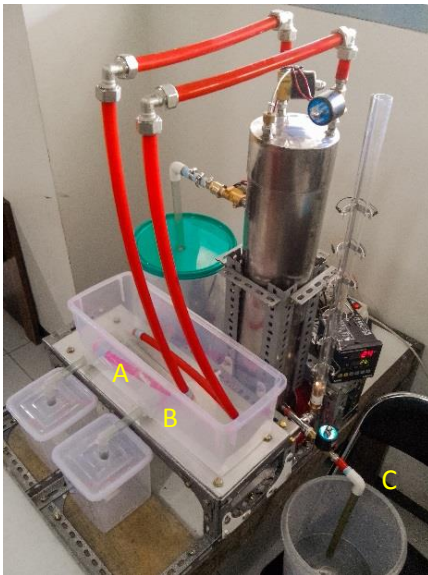
Nilai temperatur hasil pengukuran didapatkan dari masukan sensor termokopel ke dalam PLC. PLC akan menerima data berupa nilai digital dan tersimpan pada memori sementara PLC yang kemudian diproses oleh program ladder dengan perubahan skala. Gambar 7 dan



Gambar 8 terlihat garis yang linier dan di beberapa titik suhu tertentu terdapat perbedaan keterlambatan 1°C dengan termometer raksa, dan 2°C dengan termometer digital. Hal ini dikarenakan termokopel memiliki kesensitifan yang kurang untuk range suhu rendah, sehingga dalam menerima respon suhu menjadi lebih lambat.

### Rancang Bangun Sistem Destilasi

Sistem destilasi hasil desain dan perancangan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 9. Destilasi menggunakan bahan tercampur metanol, etanol dan air dapat dipisahkan. Hasil destilasi metanol akan tertampung pada wadah A, dan etanol pada wadah B, kemudian untuk hasil destilat yang berupa air akan langsung dialirkan ke wadah C ketika larutan metanol dan etanol telah terdestilasi.

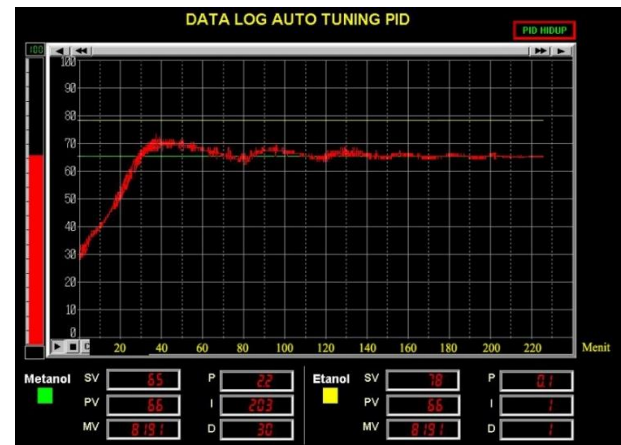


Gambar 9 Rancang bangun sistem destilasi

### Data logger yang di peroleh dari auto tuning PID

Berdasarkan grafik suhu dengan auto tuning PID yang ditunjukkan pada Gambar 10, bahwa suhu sistem mengalami osilasi teredam. Pengujian dengan konfigurasi set value (SV) 65°C dan nilai set parameter PID awal adalah nilai paling minimum, yaitu nilai  $K_p = 0,1$ ,  $T_i = 1$ ,  $T_d = 1$ . Nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  secara otomatis akan berubah

setelah suhu mengalami waktu tahanan dari suhu 28°C sampai melalui set value 65°C, yaitu diperlukan waktu selama 30 menit. Kemudian ketika memasuki waktu penetapan, suhu mengalami beberapa kali overshoot. Overshoot pertama sampai dengan suhu puncak 72°C dan turun hingga 62°C, dan selanjutnya akan kembali mengalami overshoot hingga mencapai kestabilan. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui nilai lewatan maksimum (%Mp) sebesar 9,09 % dengan error steady state (% ESS) sebesar 1,53 %.



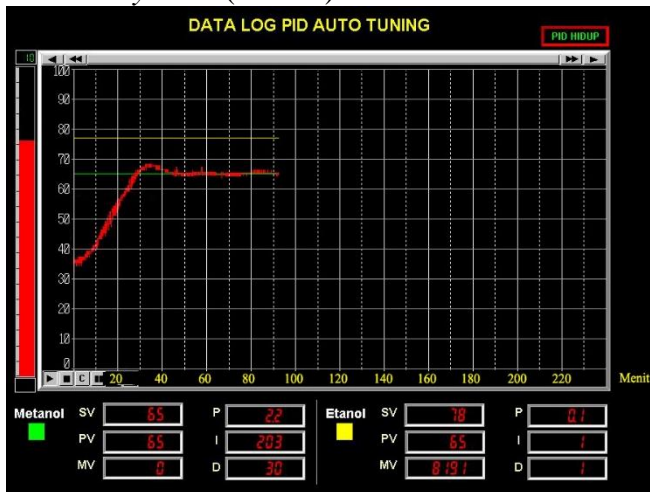
Gambar 10 Grafik suhu terhadap waktu dengan Auto Tuning PID

Perubahan nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  terhadap waktu pada Gambar 10 ditunjukkan pada Tabel 1. Didapatkan nilai kestabilan (steady state) pada suhu 66°C dengan konfigurasi  $K_p = 2,2$ ,  $T_i = 203$ ,  $T_d = 30$ .

Tabel 1 Perubahan nilai parameter  $K_p$ ,  $T_i$ ,  $T_d$  terhadap waktu

Menit ke-	$K_p$	$T_i$	$T_d$
0	0,1	1	1
35	3,3	208	31
88	3,3	495	74
106	2,2	99	15
124	2,6	107	16
143	2,2	99	15
157	2,2	203	30
168	2,2	420	63
180	2,2	248	37
203	2,2	203	30

Nilai konfigurasi PID yang telah didapatkan hasil dari *auto tuning* kemudian dilakukan pengujian kembali dengan memasukan nilai  $K_p = 2,2$ ,  $T_i = 203$ , dan  $T_d = 30$ . Didapatkan hasil seperti pada Gambar 11 yaitu menunjukkan bahwa suhu sistem masih mengalami *overshoot* namun tidak lebih besar dari grafik sebelumnya pada Gambar 9. Diketahui suhu puncak pada temperatur  $68^\circ\text{C}$  dan turun pada temperatur  $24^\circ\text{C}$ . Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui nilai lewatan maksimum (% Mp) sebesar 4,61 % dengan *error stedy state* (% ESS) sebesar 0 %.



**Gambar 11** Grafik PID dengan nilai konfigurasi  $K_p = 2,2$ ,  $T_i = 203$  dan  $T_d = 30$

## KESIMPULAN

Berdasarkan rancang bangun alat yang telah dibuat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengendalian sistem dari *interface* SCADA dapat dilakukan, baik dalam input nilai konfigurasi, kontrol penggerak plant, kontrol paksa, maupun data loger dari grafik auto tuning PID.
2. Pengendalian suhu dengan menggunakan auto tuning PID akan tetap terjadi osilasi, namun lonjakan *overshoot* awal tidak terlalu besar yaitu  $7^\circ\text{C}$  diatas nilai *set value* dan  $3^\circ\text{C}$  dibawah nilai *set value*. Penetapan nilai kalkulasi tidak berlangsung lama, karena tidak perlu melakukan pengujian penetapan nilai konstanta proporsional ( $K_p$ ), waktu integral ( $T_i$ ) dan waktu derifatif ( $T_d$ ) secara manual. Nilai lonjakan maksimum

(Mp) dari *auto tuning* sebesar 9,09% dan *error steady state* (ESS) sebesar 1,53%.

3. Hasil kalkulasi nilai *auto tuning* PID dapat dijadikan *tuning* PID selanjutnya, yaitu dengan nilai  $K_p = 2,2$ ,  $T_i = 203$  dan  $T_d = 30$  dengan Mp sebesar 4,61% dan ESS sebesar 0%.

## SARAN

Dilihat kompleksnya dari sistem destilasi, peneliti memiliki saran pengembangan untuk penelitian lebih lanjut, yaitu tingkat kontrol destilasi perlu ditingkatkan seperti pada pendeteksian *output* hasil destilasi agar waktu dapat dioptimalkan dan monitoring suhu pada tingkat ketinggian tower destilasi yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Sahidin, 2008, *Penuntun Praktikum Kimia Organik I*, Unhalu, Kendari.
- Bolton, W., 2006, *Sistem Instrumentasi dan Kontrol*, Erlangga, Jakarta.
- Gunterus, F., 1994, *Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Ogata, K., 2010, *Modern Control Engeenering - Fifth Edition*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Suhendar, 2005, *Programmable Logic Control. Graha Ilmu*, Yogyakarta.
- Wicaksono, H., 2012, *SCADA Software Dengan Wonderware InTouch*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Norman S. N., 2011, *Control Systems Engineering: Sixth Edition*, John Wiley & Sons INC, New York.