

## TUNING PARAMETER PID DENGAN METODE CIANCONE PADA PLANT HEAT EXCHANGER

MURIE DWIYANITI<sup>1</sup>, KENDI MORO N<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Polteknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknik Listrik,  
Jl prof.Dr.GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425  
e-mai: murie\_dwiyaniti@yahoo.com

### ABSTRACT

*Tuning of pid parameters is crucial in determining the success of a controller. But it is not easy to tune, some systems use a trial and error method that takes a long time to get the appropriate parameters. The purpose of this research is to provide a simple method of how to determine the pid parameters for controlling a process plant using ciancone's method. This method is based on changes in plant reaction if given the input and the output response of the system is used as the basis to create a mathematical model with first-order approach. Then calculate the fraction dead time and determine the value of pid parameters based on correlation graphs ciancone. The results proved that the method is successful in controlling the temperature of the heat exchanger plant with pid parameter  $kc = 0.9$ ,  $1/ti = 1/28.08$ , and  $td = 2.16$ . With these parameters, the temperature of the plant heat exchanger can achieve the set point with rise time 21.9 seconds, settling time 101 seconds, 2.27 % overshoot and steady state error 0 . Furthermore, the system successfully follows the changes in set point and when given disturbance, the system can return to a steady state within 150 seconds.*

*Key words : tuning , pid , ciancone method , heat exchanger.*

### ABSTRAK

*Tuning parameter pid merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan keberhasilan sebuah pengendali. Namun untuk melakukan tuning tidaklah mudah, beberapa sistem menggunakan metode trial and error yang memerlukan waktu lama untuk mendapatkan parameter yang sesuai. Tujuan penelitian ini adalah memberikan metode yang sederhana bagaimana menentukan parameter pid untuk mengendalikan sebuah proses plant berdasarkan metode ciancone. Metode ini didasarkan pada perubahan reaksi plant jika diberi input dan respon keluaran sistem tersebut dijadikan dasar untuk membuat pemodelan matematika dengan pendekatan orde satu. Lalu menghitung fraction dead time dan menentukan nilai parameter pid berdasarkan grafik ciancone correlation. Hasil yang didapat terbukti bahwa metode ini berhasil mengendalikan suhu pada plant heat exchanger dengan parameter pid  $kc = 0.9$ ,  $1/ti = 1/28.08$ , dan  $td = 2.16$ . Dengan parameter tersebut, suhu pada plant heat exchanger dapat mencapai set point dengan rise time 21.9 detik, settling time 101 detik, overshoot 2.27% dan error steady state 0 . Sistem juga berhasil mengikuti perubahan set point dan ketika terjadi gangguan, sistem dapat kembali ke keadaan steady state dalam waktu 150 detik.*

*Kata kunci : tuning, pid, metode ciancone, heat exchanger*

### PENDAHULUAN

Pengendali PID merupakan pengendali yang banyak digunakan di industri. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh Honeywell [4], 97 % industri menggunakan pengendali PID berumpan balik karena pengendali PID mempunyai algoritma yang sederhana, stabil, handal, dan mudah diterapkan diberbagai *plant*. Pengendali PID terdiri dari tiga parameter yang aksi kontrolnya dapat mempengaruhi sebuah sistem. Aksi pengendali proposional (P) memberikan keluaran (*output*) yang sebanding dengan besarnya masukan

(*input*). Aksi pengendali integral (I) menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil pada saat *input* (*error*) sama dengan nol dengan tujuan utamanya adalah menghilangkan *offset*. Sedangkan aksi pengendali derivatif (D) digunakan untuk mempercepat respon atau menstabilkan sistem. Secara keseluruhan *output* sistem adalah penjumlahan dari ketiga parameter tersebut.

Meskipun pengendali PID hanya mempunyai tiga parameter, tidaklah mudah untuk menentukan parameter atau *tuning* parameter tersebut agar

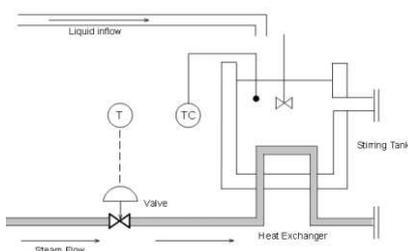
sesuai dengan performansi sistem yang diinginkan. Beberapa sistem menggunakan metode *trial and error* yang memerlukan waktu lama untuk mendapatkan parameter yang sesuai.

Tujuan dari penulisan ini adalah memberikan metode yang sederhana bagaimana menentukan parameter PID untuk mengendalikan sebuah proses *plant* berdasarkan metode Ciancone. Metode ini didasarkan pada reaksi *plant* yang dikenai suatu perubahan dan dimodelkan dengan pendekatan orde satu. Dengan menggunakan metode ini model matematik perilaku *plant* tidak diperlukan lagi, karena dengan menggunakan data yang berupa kurva keluaran, *tuning* kontroler PID telah dapat dilakukan.

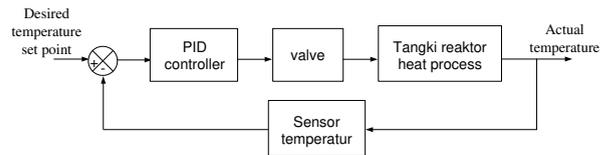
*Tuning* parameter PID dengan metode Ciancone akan diterapkan pada sistem pengendalian suhu pada tangki reaktor kimia melalui *heat exchanger*.

## METODE PENELITIAN

Proses pengendalian suhu pada reaktor kimia dapat dilihat pada Gambar 1. Pipa bagian atas akan mengalirkan cairan yang akan diaduk didalam tangki. Suhu cairan didalam tangki harus dijaga konstan dengan mengatur banyaknya uap yang diberikan ke *heat exchanger* (pipa bagian bawah). Pengaturan uap ini menggunakan *valve*. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Reaktor kimia dengan *heat exchanger*



Gambar 2. Diagram blok sistem pengendali suhu pada *plant heat exchanger*

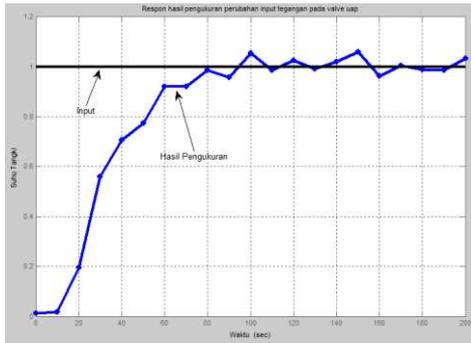
Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah:

1. Mengambil data pengukuran suhu pada *plant* dengan cara memberikan input tegangan (v) pada *valve* dan merekam data suhu dan waktu yang diperlukan sampai mencapai kondisi *steady state*.
2. Membuat model matematika *plant* dengan pendekatan orde satu dari data pengukuran yang didapat pada langkah satu.
3. Membandingkan respon sistem hasil pengukuran dengan model matematika yang dibuat pada langkah dua.
4. Membuat simulasi *closed loop* dengan model matematika *plant* dan menganalisa performansi sistem.
5. Merancang pengendali PID dengan metode Ciancone.
6. Menerapkan parameter yang didapat pada langkah lima ke *plant*.
7. Menganalisa sistem setelah diberi pengendali dan mengetes keandalan sistem dengan memberi gangguan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data pengukuran

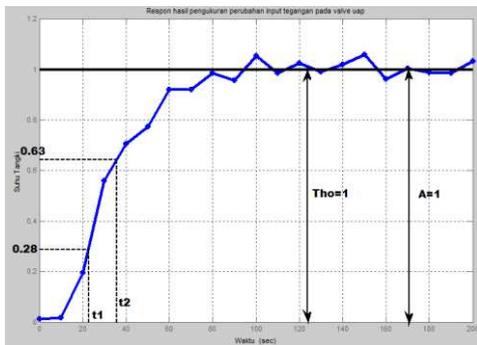
Hasil pengukuran *plant heat exchanger* didapat dengan membuat sistem *open loop*, *input step* berupa tegangan diberikan ke *valve* lalu keluaran sistem berupa suhu pada tangki direkam, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Data pengukuran sistem

**Model Matematika**

Dari data pengukuran pada Gambar 3, dibuatlah pemodelan matematika *plant* dalam bentuk fungsi alih dengan pendekatan orde satu (Gambar 4)



Gambar 4. Parameter *plant*

Dari Gambar 4, didapat parameter sebagai berikut:

$$A = \Delta = 1$$

$$Tho = \delta = 1$$

$$Kp = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{1}{1} = 1$$

$$\Delta 28\% = 1 \times 28\% = 0.28$$

$$\Delta 63\% = 1 \times 63\% = 0.63$$

$$t_{28\%} = t_1 = 21.8 \text{ detik}$$

$$t_{63\%} = t_2 = 36 \text{ detik}$$

$$\tau = 1,5(t_{63\%} - t_{28\%}) = 1,5(36 - 21.8) = 21.3$$

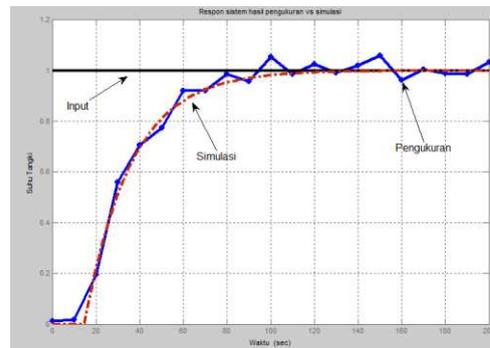
$$\theta = t_{63\%} - \tau = 36 - 21.3 = 14.70$$

Maka fungsi alih *plant* adalah :

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{Kpe^{-\theta s}}{\tau s + 1} = \frac{1e^{-14.7s}}{21.3s + 1}$$

**Perbandingan data pengukuran dengan Pemodelan Matematika**

Untuk memastikan bahwa pemodelan *plant* mempunyai karakteristik yang sama dengan *real plant*, dibuatlah perbandingan respon sistem hasil pengukuran dengan simulasi yang dapat dilihat pada Gambar 5.

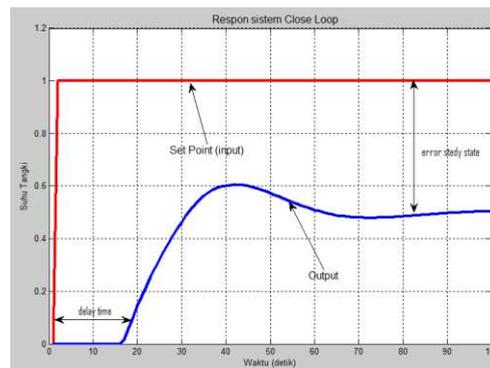


Gambar 5. Respon sistem hasil pengukuran vs simulasi

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa respon sistem hasil simulasi mempunyai kesamaan sebesar 97 % dengan hasil pengukuran. Hal ini mengindikasikan bahwa pemodelan sistem ini berhasil dan dapat digunakan sebagai model *plant* untuk merancang pengendali.

**Sistem Close Loop**

Sistem *close loop* digunakan untuk merancang pengendali. Hal pertama yang harus dilakukan adalah menganalisa karakteristik sistem *close loop* tersebut lalu menetapkan kriteria performansi sistem yang diinginkan. Karakteristik sistem *close loop* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Respon sistem *close loop*

Dari Gambar 6 dapat dianalisa bahwa sistem telah stabil namun keluaran sistem tidak mencapai *set point*, terdapat *error steady state* sebesar 0.5 dan waktu tunda (*delay*) sebesar 15 detik.

Kriteria performansi sistem yang diinginkan adalah sistem stabil dan mencapai *set point* serta tidak ada *error steady state*.

**Perancangan Pengendali PID dengan Metode Ciancone**

Metode *Ciancone correlation* diciptakan oleh Ciancone dan Marlin pada tahun 1992. Penentuan parameter PID diperoleh dari grafik *Ciancone correlation* [9]. Langkah-langkah dalam menentukan parameter PID adalah sebagai berikut:

Menghitung *fraction dead time*.

$$\left( \frac{\theta}{\theta + \tau} \right) = \left( \frac{14.7}{14.7 + 21.3} \right) = 0.408$$

Menghitung nilai  $K_c$ ,  $T_i$ , dan  $T_d$  menggunakan grafik *Ciancone correlations for set point*.

Berdasarkan grafik, untuk *fraction dead time* = 0.408, adalah:

Nilai  $K_p K_c = 0.90$  , Maka nilai  $K_c$  adalah :

$$K_c = \frac{0.90}{1} = 0.90$$

Nilai  $T_i / (\theta + \tau) = 0.78$ , maka nilai  $T_i$  adalah :

$$T_i = 0.78(\theta + \tau) = 0.78(14.7 + 21.3) = 28.08$$

Nilai  $T_d / (\theta + \tau) = 0,03$ , maka nilai  $T_d$  adalah

$$T_d = 0.06(\theta + \tau) = 0.06(14.7 + 21.3) = 2.16$$

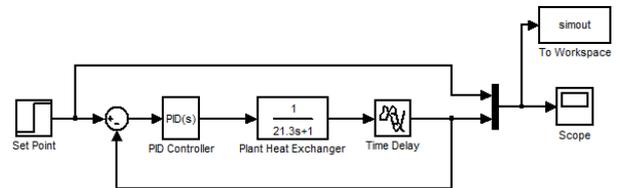
Maka fungsi alih dari kontroler PID adalah :

$$G_c(s) = K_c \left[ E(s) + \frac{E(s)}{T_i s} + T_d s CV(s) \right]$$

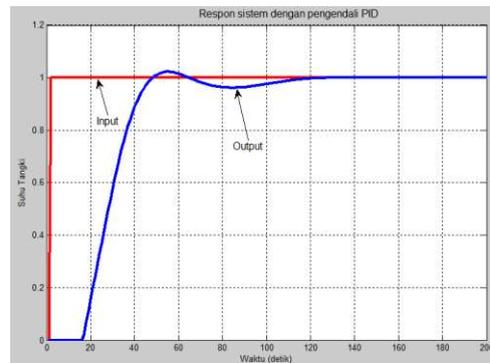
atau bisa di tulis,

$$G_c(s) = 0.9 \left[ E(s) + \frac{E(s)}{28.08s} + 2.16s CV(s) \right]$$

Parameter PID yang didapat pada langkah 4, disimulasikan dengan Matlab seperti pada Gambar 7. Hasil respon sistem dengan pengendali dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. Simulink Matlab



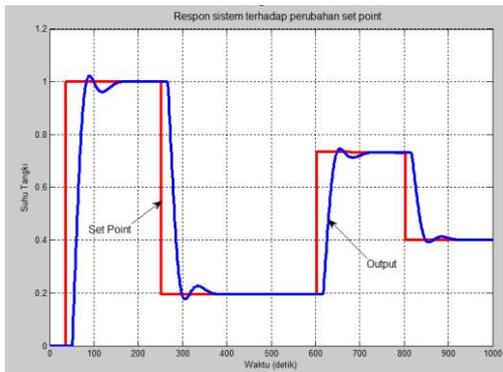
Gambar 8. Respon sistem dengan Pengendali PID

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa keluaran sistem telah mencapai *set point* dengan *rise time* 21.9 detik, *settling time* 101 detik, *overshoot* 2.27% dan *error steady state* 0. Dengan menggunakan pengendali PID, performansi sistem telah tercapai dengan baik.

**Pengujian keandalan sistem**

Untuk mengetahui keandalan sistem, dilakukan pengujian dengan perubahan *set point* dan pemberian gangguan. Sistem yang andal harus mampu mengikuti perubahan *set point* dan jika terjadi gangguan, sistem dapat kembali ke keadaan *steady state* dengan waktu yang singkat.

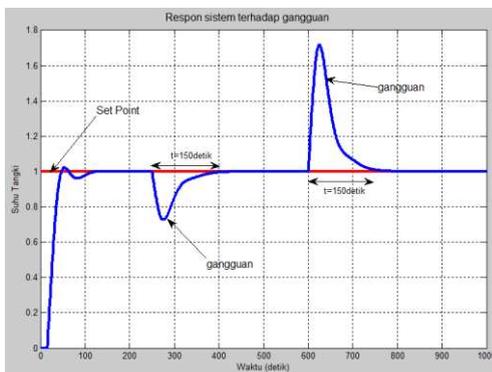
Hasil respon sistem dengan perubahan *set point* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Respon sistem terhadap perubahan *set point*

Dari Gambar 9 terlihat bahwa keluaran sistem dapat mengikuti perubahan *set point*.

Hasil respon sistem dengan pemberian gangguan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Respon sistem terhadap gangguan

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa waktu yang diperlukan sistem untuk kembali ke keadaan *steady state* setelah diberi gangguan adalah 150 detik.

## KESIMPULAN

Tuning parameter PID dengan menggunakan metode Ciancone sangat mudah, sederhana, dan telah berhasil mengendalikan suhu pada plant heat exchanger. Parameter PID yang didapat adalah  $K_c = 0.9$ ,  $1/T_i = 1/28.08$ , dan  $T_d = 2.16$ . Dengan parameter tersebut, suhu pada plant heat exchanger dapat mencapai set point dengan rise time 21.9 detik, settling time 101 detik, overshoot 2.27% dan error steady state

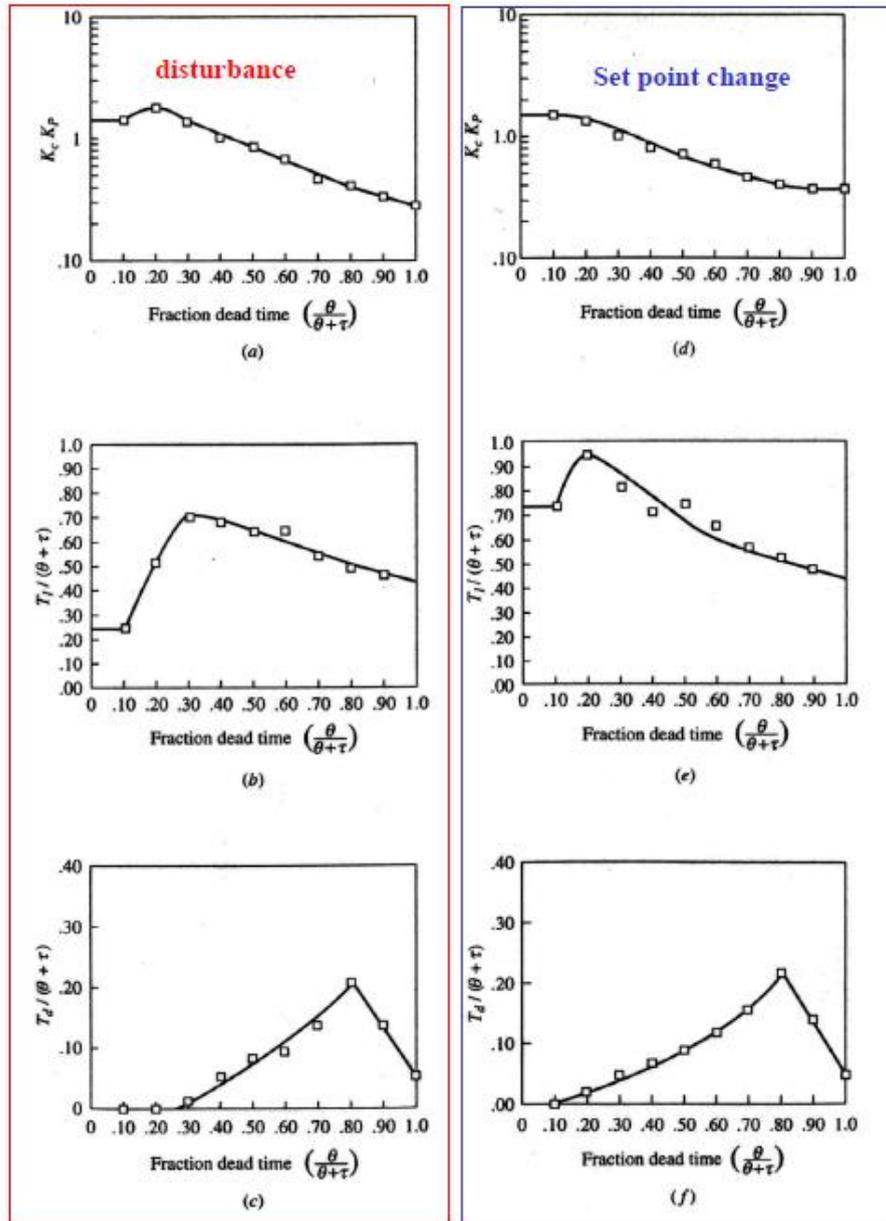
0, serta telah berhasil mengikuti perubahan set point dan dapat kembali ke keadaan *steady state* dalam waktu 150 detik setelah terjadi gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ang, K. H., G. Chong and Y. Li. 2005. PID control systems analysis, design, and technology. IEEE Transactions on Control Systems Technology **13**, 559–576.
- [2] Antonio Visioli. 2006. Practical PID Control. Springer\_Verlag London.
- [3] Ciancone, R., and T. Marlin. 1992. Tune Controllers to Meet Plant Objectives. Jurnal Control, Vol 5, pp 50-57.
- [4] Desborough, L., R. Miller, and P. Nordh. 2000. Regulatory Control Survey. Honeywell, unpublished manuscript.
- [5] Huang, H.-P., M.-W. Lee and C.-L. Chen. 2001. A system of procedures for identification of simple models using transient step response. Industrial and Engineering Chemistry Research **40**, 1903–1915.
- [6] Leva, A. 2005. Autotuning process controller with improved load disturbance rejection. Journal of Process Control **15**, 223–234.
- [7] M. Nagendra dan M.S. Krishnarayalu. 2012. PID Controller Tuning using Simulink for Multi Area Power Systems. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol.1.
- [8] Murie Dwiyanti dan Kendi Moro N.S. 2012. Buku Ajar Sistem Kendali. UP2AI PNJ.
- [9] Thomas E. Marlin. 2000. Process Control: Designing Processes and

control system for dynamic performance. Second edition. McGraw-Hill. USA

[10] Tyreus, B.D. and W.L. Luyben.1992. Tuning PI controllers for integrator/dead time processes. Ind. Eng.Chem. Res. pp. 2628–2631



Gambar 11. Grafik Ciancone correlation [9]