

Pengembangan Pengendali PID untuk Pengendalian Tingkat Sistem Tangki Gabungan yang Diinginkan

Dahner Jeremia, Angela Irena Putri, Dimas Adi Wibisana

Program Studi Instrumentasi, Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya, Indonesia
Email : dadhiwibisana@student.ub.ac.id

ABSTRAK

Aplikasi industri dari Coupled Tank System (CTS) banyak digunakan terutama dalam industri proses kimia. Proses keseluruhan membutuhkan cairan untuk dipompa, disimpan di dalam tangki dan dipompa lagi ke tangki lain untuk tingkat tertentu yang diinginkan. Namun demikian, tingkat cairan dalam tangki perlu dikontrol dan aliran antara dua tangki harus diatur. Makalah ini menyajikan pengembangan Proportional-Integral-Derivative (PID) pengontrol untuk mengontrol level cairan CTS yang diinginkan. Berbagai teknik konvensional metode penyetelan PID akan diuji untuk mendapatkan parameter kontroler PID. Simulasi dilakukan dalam lingkungan MATLAB untuk memverifikasi kinerja sistem dalam hal Rise Time (T_s), Settling Time (T_s), Steady State Error (SSE) dan Overshoot (OS). Empat teknik yang merupakan metode trial and error, metode penyetelan otomatis, metode Ziegler-Nichols (ZN) dan Metode Cohen-Coon (CC) akan diterapkan dan semua hasil kinerja akan dianalisis. Itu telah dibuktikan bahwa kinerja CTS dapat ditingkatkan dengan tepat. teknik metode penyetelan PID.

Kata Kunci : *Sistem Tangki Terpasang (CTS), Pengontrol PID, Metode Penyetelan PID, Kontrol Ketinggian Air*

ABSTRACT

The industrial application of Coupled Tank System (CTS) are widely used especially in chemical process industries. The overall process need liquids to be pumped, stored in the tank and pumped again to another tank for certain desired level. Nevertheless, the level of liquid in tank need to be controlled and flow between two tanks must be regulated. This paper presents development of Proportional-Integral-Derivative (PID) controller for controlling the desired liquid level of the CTS. Various conventional techniques of PID tuning method will be tested in order to obtain the PID controller parameters. Simulation is conducted within MATLAB environment to verify the performance of the system in terms of Rise Time (T_s), Settling Time (T_s), Steady State Error (SSE) and Overshoot (OS). Four techniques which are trial and error method, auto-tuning method, Ziegler-Nichols (Z-N) method and Cohen-Coon (C-C) method will be implemented and all the performance results will be analyzed. It has been demonstrated that performances of CTS can be improved with appropriate technique of PID tuning methods.

Key Word : *Coupled Tank System (CTS), PID Controller, PID Tuning Method, Water Level Control*

I. Pendahuluan

Kontrol waktu nyata melibatkan algoritma untuk mengontrol proses. Untuk mempelajari kinerja dalam hal implementasi secara real time dan setiap fitur kontrol, kontrol level dari Coupled Tank System (CTS) dipilih. Aplikasi ini banyak digunakan dalam industri proses khususnya di industri kimia. Seringkali penting bahwa cairan yang akan dipasok dalam tangki. Itu akan disimpan ditangkap dan dipindahkan ke tangki lain sesuai kebutuhan. Itu cairan harus dipertahankan pada ketinggian tertentu atau dalam tingkat. Jika level tidak dapat dipertahankan pada ketinggian tertentu sebagai persyaratan, dapat membawa kerugian bagi perusahaan atau industri. Masalah pengendalian yang umum dalam industri proses adalah mengontrol level cairan di tangki penyimpanan dan bahan kimia pencampuran Aliran cairan masuk dan keluar tangki harus diatur untuk mencapai tingkat cairan yang diinginkan konstan sebagai cairan untuk dipasok pada tingkat yang konstan. Proses ini sedang berjalan dalam kondisi loop tertutup karena loop terbuka tidak praktis dan proses identifikasi yang lebih rumit terutama dalam proses produksi industri. Proses loop tertutup adalah sangat penting karena alasan keamanan atau pembatasan produksi.

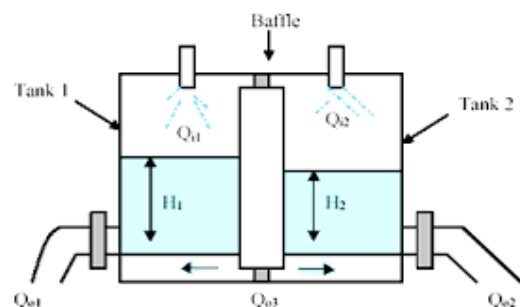
II. Kontrol PID

Industri, CTS banyak digunakan dalam cairan konsumen industri pengolahan dan pengolahan kimia. Untuk mengontrol level cairan, pengontrol PID konvensional telah dilaksanakan. Pengontrol PID adalah yang paling pengontrol yang selalu digunakan dalam kontrol industri karena mudah dan sederhana untuk diterapkan. Ada beberapa

metode untuk mendapatkan parameter untuk pengontrol PID seperti metode coba-coba, Ziegler-Nichols (ZN) dan metode Cohen-Coon (CC). Metode penyetelan adalah sangat penting dalam sistem kendali. Nilai-nilai dari parameter di pengontrol dapat mempengaruhi kinerja sistem. Kinerja sistem dapat secara umum ditingkatkan dengan penyetelan yang tepat tetapi juga dapat memperburuk kinerja dengan penyetelan yang buruk. Dalam PID, ada beberapa penyetelan metode itu bisa digunakan untuk menemukan respon kontrol yang diinginkan.

III . Model Matematika Coupled Tank System

Sistem pada coupled tank system menggunakan model nonlinier dinamik dengan proses linierisasi yang berasal dari model dinamik tersebut.



Gambar 1 : Skema Coupled Tank System

Laju perubahan volume cairan atau fluida pada setiap tangki akan sama dengan laju aliran yang masuk ke dalam tangki. Volume cairan pada tangki disimbolkan dengan variabel H_1 untuk tangki 1 dan variabel H_2 untuk tangki 2. Sesuai dengan rumus laju debit air, tangki 1 dan tangki 2 akan mempunyai persamaan yang dapat dituliskan sebagai:

$$A_1 \frac{dH_1}{dt} = Q_{i1} - Q_{o1} - Q_3$$
$$A_2 \frac{dH_2}{dt} = Q_{i2} - Q_{o2} + Q_3$$

Dimana,

A_1, A_2 merupakan luas penampang dari tangki 1 dan tangki 2

H_1, H_2 merupakan ketinggian dari fluida yang berada di dalam tangki

Q_{i1}, Q_{i2} merupakan laju aliran yang masuk ke dalam tangki

Q_{o1}, Q_{o2} merupakan laju aliran yang keluar dari dalam tangki

Q_3 merupakan laju aliran fluida di antara masing - masing tangki

Sistem cts tersebut menunjukkan bahwa aliran yang keluar sebanding dengan akar kuadrat dari ketinggian fluida dalam tangki dikarenakan saluran yang keluar berbentuk lubang sederhana sehingga, persamaan bernoulli akan berlaku untuk membentuk persamaan berikut:

$$Q_{o1} = \alpha_1 \sqrt{H_1}$$

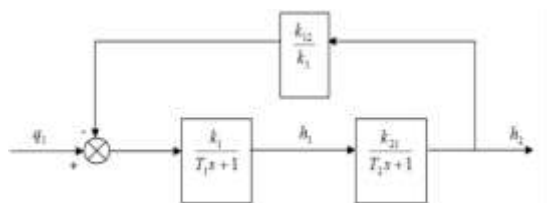
$$Q_{o2} = \alpha_2 \sqrt{H_2}$$

$$Q_3 = \alpha_3 \sqrt{H_1 - H_2}$$

$$A_1 \frac{dH_1}{dt} = Q_{i1} - \alpha_1 \sqrt{H_1} - \alpha_3 \sqrt{H_1 - H_2}$$

$$A_2 \frac{dH_2}{dt} = Q_{i2} - \alpha_2 \sqrt{H_2} + \alpha_3 \sqrt{H_1 - H_2}$$

Dimana α_1 , α_2 dan α_3 merupakan konstanta proporsional untuk koefisien debit, luas penampang, dan gravitasi.



Gambar 2 : Diagram Blok Sistem Orde 2

Dengan demikian dapat diperoleh :

$$\begin{aligned} \frac{h_2(s)}{q_1(s)} &= \frac{k_1 k_2}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) - k_{12} k_{21}} \\ &= \frac{k_1 k_2}{T_1 T_2 s^2 + (T_1 + T_2)s + (1 - k_{12} k_{21})} \end{aligned}$$

dimana :

$$T_1 = \frac{A_1}{\left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{H_1}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

$$T_2 = \frac{A_2}{\left(\frac{\alpha_2}{2\sqrt{H_2}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

$$k_1 = \frac{1}{\left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{H_1}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

$$k_2 = \frac{1}{\left(\frac{\alpha_2}{2\sqrt{H_2}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

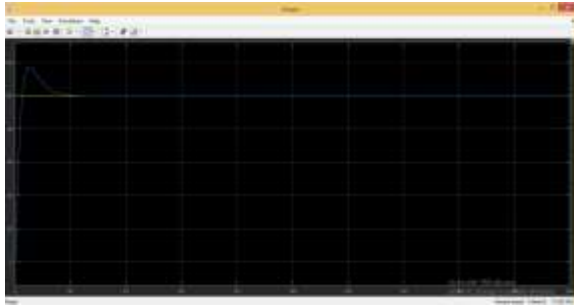
$$k_{12} = \frac{\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}}{\left(\frac{\alpha_1}{2\sqrt{H_1}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

$$k_{21} = \frac{\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}}{\left(\frac{\alpha_2}{2\sqrt{H_2}}\right) + \left(\frac{\alpha_3}{2\sqrt{H_1 - H_2}}\right)}$$

Fungsi alih untuk plant dapat diperoleh dengan menggantikan parameter yang disediakan dari [5]. Parameter yang disediakan ditunjukkan pada Tabel. 1

Tabel 1 : Parameter CTS

Parameter	Nilai	Satuan
H1	17	Cm
H2	15	Cm
a1	10,78	Cm ^{3/2} /sec



Gambar 7 : Metode PID auto-tuning

Selanjutnya pada PID Tuner yang terdapat pada Matlab akan dimasukkannya persamaan $g(s)$ yang telah dibuat pada editor, kemudian tuning tools respon time pada pid tuner untuk mendapatkan parameter yang memiliki nilai yang baik atau stabil. Kemudian parameter hasil nilai K_p , K_i , dan K_d akan muncul. Nilai - nilai pada hasil auto tuning akan dibandingkan dengan simulasi yang berada pada simulink. Pada simulink, simulation stop time diatur sebesar 200s sehingga bentuk grafik atau respon yang diberikan dapat di run dan dapat dilihat grafiknya pada scope. Dengan overshoot yang naik hingga 10,2 % , rise time untuk keadaan steady mencapai 0,671 second, settling time 5,25 second dan peak mencapai 1,1. Metode Auto-Tuning, meskipun itu adalah metode yang paling sederhana tetapi nilai yang diperoleh dari metode ini tidak mengacu pada parameter masing-masing. Nilai yang didapat dari ini metode adalah kombinasi parameter dalam PID pengontrol.

V. Kesimpulan

Untuk mengontrol tingkat cairan, konvensional kontroler PID telah diimplementasikan. Parameter dari Pengontrol PID dapat disetel dengan metode auto-tuning. Penggunaan metode auto tuning pada simulator membuat respon plant yang stabil menandakan dapat melakukan perhitungan parameter PID dengan baik saat menggunakan metode

auto tuning. Manfaat terbesar dari metode ini adalah penghematan waktu yang signifikan. Jika menggunakan metode trial & error banyak waktu yang terbuang sia-sia.

Saran dari editor untuk pengembangan penelitian ini adalah perlu adanya analisa lebih lanjut mengenai respon PID dari metode auto tuning.

REFERENSI

- MF Rahmat dan SM Rozali, "*Desain Pemodelan dan Pengontrol untuk Sistem Level Cairan Tangki Terpasang: Analisis & Perbandingan*", Jurnal Teknologi, vol. 48 (H), Juni. 2008, hlm. 113-141.
- Kealy, T. dan O' Dwyer, A. "*Perbandingan Loop Terbuka dan Tertutup Teknik Identifikasi Proses dalam Domain Waktu*", Proc. dari tanggal 3 Simposium Wismarer Automatisierungs, Wismar, Jerman, September 2001, hal 3-4.
- SN Basir, H. Selamat, H. Yussof, NI Zahari dan S. Syamsuddin, "*Estimasi Parameter Waktu Tangki Couple Loop Tertutup Bervariasi Sistem menggunakan Metode Rekursif*", IOP Conf. Seri: Ilmu Material dan Teknik, vol. 53, Desember 2013, hlm. 1-10.
- Gilson, M. dan Van Den Hof, P. "*Metode Variabel Instrumental untuk Identifikasi Sistem Loop Tertutup*", Automatica, vol. 48 (2), Februari 2005, hal.241-249.
- Pengajaran Laboratorium yang Dikendalikan Komputer Tingkat

Cairan Tangki Ganda Paket: Manual Eksperimental dan Operasi (Layanan), Ditambah Inovasi Sdn. Bhd., Kuala Lumpur, Malaysia

N. Hasim, MSM Aras, MZA Rashid, AM Kassim dan SS Abdullah,

“Pengembangan pengontrol suhu waterbath logika fuzzy menggunakan MATLAB,” Konferensi Internasional IEEE 2012 tentang Kontrol Sistem, Komputasi dan Rekayasa, 23-25 November 2012, Penang, Malaysia, hlm. 11-16