Perancangan Operator Training Simulator (OTS) dan Pengontrol PID Mini Plant Flow Menggunakan DCS

^{1,2}Suratmi, Maria Sri, ^{1,2}Annisa, Siti Aminah Fairuz, ^{1,2}Hadisupadmo, Sutanto, ^{1,3}Ekawati, Estiyanti

¹Program Studi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia

²Laboratorium Manajemen Sistem Instrumentasi dan Kontrol (MSIK), Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia

³Laboratorium Center for Instrumentation and Technology Automation (CITA), Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung, Indonesia

mariasri_suratmi@yahoo.com, safairuz@yahoo.co.id, sutanto@tf.ac.id, esti@tf.ac.id

Abstrak

Industri proses tidak terlepas dari sistem kontrol yang pengoperasiannya dilakukan oleh operator. Peran operator yaitu mengawasi dan mengontrol kondisi proses agar tetap berada pada kondisi operasi yang diinginkan. Dibutuhkan latihan keterampilan dari operatornya agar mampu memahami karakteristik proses dan efek pengendaliannya dengan dampak risiko keselamatan kerja seminimal mungkin. Dengan demikian, kinerja sumber daya manusia dalam otomasi diharapkan meningkat melalui pelatihan uji simulasi virtual sebuah rancangan tanpa mengganggu plant riil di lapangan. Salah satu media pelatihan sebelum mengoperasikan plant riil dapat menggunakan Operator Training Simulator (OTS). Sebuah OTS merupakan suatu perangkat aplikasi yang mampu merepresentasikan proses aktual pada sebuah plant.

Pada kesempatan ini dilakukan perancangan OTS dan pengontrol pada Mini Plant Flow Laboratorium MSIK Teknik Fisika ITB menggunakan DCS Centum VP. Validasi model terhadap dinamika sistem dilakukan pada kondisi start-up dan diperoleh nilai Sum Square Error (SSE) terhadap data riil untuk parameter level dan temperatur tangki air panas, level dan temperatur tangki air dingin, dan temperatur air campuran berturut-turut adalah 0,0007; 0,4781; 0,0004; 2,2715; dan 0,0168. Pengontrol yang digunakan adalah PID dengan penalaan kalang terbuka Ziegler Nichols untuk kontrol temperatur air campuran. Adapun parameter proses yang dinyatakan dalam K , τ , t_d adalah sebesar 1,22; 22,99; dan 22,67. Besarnya parameter pengontrolan P, I, dan D yang diperoleh adalah 0,96; 43,34 sekon; dan 10,84 sekon. Besarnya waktu tunda (t_d), maksimum overshoot (M_p), dan settling time (t_s) yang diperoleh sebesar 152 sekon, 0,04%, dan 225 sekon.

Kata kunci: *Operator Training Simulator, mini plant flow, DCS Centum VP, pengontrol PID*

operasi yang diinginkan. Sehingga, latihan keterampilan diperlukan oleh operatornya agar mampu memahami karakteristik proses dan efek pengendaliannya dengan dampak risiko keselamatan kerja seminimal mungkin. Dengan demikian, kinerja sumber daya manusia dalam otomasi diharapkan meningkat melalui pelatihan uji simulasi virtual sebuah rancangan tanpa mengganggu plant riil di lapangan. Salah satu media pelatihan yang dapat digunakan yaitu *Operator Training Simulator* (OTS). Sebuah OTS merupakan suatu perangkat aplikasi yang mampu merepresentasikan proses aktual pada sebuah plant.

Mengingat pentingnya peran operator dan sistem kontrol, maka pada kesempatan ini dilakukan perancangan *Operator Training Simulator* (OTS) dan pengontrol pada *Mini Plant Flow* Lab MSIK Teknik Fisika ITB, sebuah miniatur plant yang dibangun sebagai media pembelajaran untuk melakukan pengukuran variabel proses dan perancangan sistem kontrol. *Mini Plant Flow* memiliki skala laboratorium dan variabel proses yang akan dikontrol adalah temperatur. Terdapat beberapa metode pengontrolan yang dapat diterapkan pada sebuah plant salah satunya yaitu metode *Proportional Integral Derivative* (PID). Pada industri proses, hampir 90% menggunakan metode ini [1], [2]. Oleh karena itu, metode pengontrolan temperatur yang digunakan pada pelaksanaan perancangan ini adalah pengontrol PID.

Pengontrol ini dirancang pada *Distributed Control System* (DCS) Centum VP yang terintegrasi dengan sebuah *Mini Plant Flow*. DCS memiliki kemampuan yang handal untuk melakukan sistem pengontrolan yang kompleks dan banyak digunakan dalam industri. Karena *Mini Plant Flow* yang ada hingga saat ini belum memiliki sistem

1 Pendahuluan

Industri proses tidak terlepas dari sistem kontrol yang pengoperasiannya dilakukan oleh operator. Peran operator yaitu mengawasi dan mengontrol kondisi proses agar tetap berada pada kondisi

kontrol, maka diharapkan menjadi salah satu metode kontrol yang tepat untuk *Mini Plant Flow* yang ada. Untuk perancangan OTS yang dilakukan diharapkan mampu merepresentasikan sistem aktual dari *mini plant flow* sehingga nantinya dapat memberikan nilai tambah sebagai media pembelajaran yang *user-friendly* serta mampu digunakan untuk melakukan tuning parameter pengontrol.

2 Tinjauan Pustaka

2.1 Persamaan Dasar

1.1.1 Kestimbangan Massa

Konservasi massa pada sistem dinamik atau sistem kontinu menyatakan :

$$\dot{m}_i - \dot{m}_o = \frac{dm}{dt} \quad (1)$$

dimana $\dot{m}_i$ merupakan laju aliran massa yang masuk ke sistem, $\dot{m}_o$ merupakan laju aliran massa yang keluar dari sistem, dan dm/dt merupakan rata-rata perubahan laju aliran massa terhadap waktu di dalam sistem. Prinsip kontinuitas memberikan hubungan antara kecepatan, densitas, ruang, dan waktu. [3]

1.1.2 Kestimbangan Energi

Konservasi energi merupakan Hukum I Termodinamika yang menyatakan :

$$E_i - E_o + E_p = E_t \quad (2)$$

dimana E_i =energi yang masuk ke sistem, E_o =energi yang keluar sistem, E_p =energi pembangkitan karena adanya penambahan kalor ke sistem, W_i =kerja yang mempengaruhi sistem di sekitarnya, E_s =rata-rata perubahan total energi sistem terhadap waktu.

1.1.3 Laju Aliran Fluida

Besarnya kecepatan aliran fluida mendekati nol pada dinding pipa dan mencapai maksimum pada tengah-tengah penampang aliran. Kecepatan dipengaruhi oleh besarnya penampang aliran. Jumlah massa fluida ditunjukkan sebagai laju aliran volume (Q) yang sebanding dengan luas penampang (A) yang dilewati dan besarnya kecepatan (V) dinyatakan dengan persamaan (3). [4]

$$Q = Av \quad (3)$$

2.2 Distributed Control System (DCS)

Distributed Control System (DCS) merupakan sistem kontrol untuk suatu *plant* atau proses dinamis lainnya yang selalu berubah terhadap waktu. Elemen kontrol DCS tidak terpusat pada wilayah tertentu, melainkan terdistribusi pada keseluruhan sistem. Secara garis besar konfigurasi DCS terbagi menjadi tiga bagian yaitu *Human Interface Station* (HIS), *Field Control Stations* (FCS), dan *Field Instrument*. DCS terdiri dari *Control Station* yang menjalankan algoritma kontrol termasuk data kendali lainnya dan *Operator Station* yang merupakan panel dimana operator mengoperasikan unit proses.

2.3 Proportional Integral Derivative (PID)

Proportional Integral Derivative (PID) merupakan salah satu kontroler untuk menentukan tingkat presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik tertentu. Kontroler ini menggunakan umpan balik atau *feed back* sistem. Pengontrol PID menggunakan sistem kontrol loop tertutup yang cukup sederhana dan kompatibel dengan sistem kontrol lainnya. Dalam waktu kontinu, sinyal keluaran PID dirumuskan sebagai berikut. [5]

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (4)$$

Pengontrol PID terdiri dari tiga komponen yaitu *Proportional* (P), *Integral* (I), dan *Derivative* (D). hanya komponen P saja yang dapat berdiri sendiri. Komponen P digunakan untuk mempercepat *settling time* dimana aksi koreksi yang dilakukan akan sebanding dengan besarnya *error*. Apabila sinyal *error* besar maka sinyal kontrol juga akan semakin besar. Komponen I digunakan untuk menghilangkan *off-set* respon sistem. Semakin besar nilai komponen I maka aksi pengontrol akan semakin lambat. Komponen I dapat menimbulkan *overshoot* dan respon sistem yang kurang stabil atau mengalami osilasi. Komponen D digunakan untuk mengurangi besarnya *overshoot* dan *undershoot*, meningkatkan kestabilan, mengontrol kecepatan perubahan proses, serta menghilangkan *error* kondisi tunak. Aksi pengontrol PID digunakan untuk memperoleh respon sistem kontrol cukup cepat, *overshoot* kecil, dan nilai *offset*-nya nol.

Penalaan kalang terbuka memiliki prinsip utama yaitu keluaran proses tidak hanya ditentukan oleh dinamika proses utama, melainkan juga ditentukan oleh dinamika sensor. Pada perancangan ini digunakan metode Ziegler-Nichols dan berikut nilai parameter penalaannya pada Tabel 1. [5]

Tabel 1 Parameter Penalaan Kalang Terbuka Ziegler-Nichols

Pengontrol	K _p	T _i	T _d
P	$\frac{1}{K} \frac{\tau}{t_d}$		
PI	$\frac{0.9}{K} \frac{\tau}{t_d}$	$3t_d$	
PID	$\frac{1.2}{K} \frac{\tau}{t_d}$	$2t_d$	$\frac{t_d}{2}$

Dimana K adalah penguatan, τ adalah konstanta waktu, dan t_d adalah waktu tunda. Dengan penalaan tersebut, diperoleh nilai parameter proses K_p, T_i, dan T_d. Selain itu, %PB (*proportional band*) = 100/K_p, yang nilainya dimasukkan sebagai nilai parameter P. Untuk parameter I yaitu parameter T_i, dan parameter D yaitu parameter T_d. Nilai P, I, dan D yang dimaksud digunakan ketika melakukan *tuning* pengontrolan. Kontroler *tuning* PID merupakan suatu pengontrol yang digunakan untuk memperoleh besaran nilai K_p, T_i, dan T_d yang tepat terhadap aksi pengontrolan yang diberikan pada suatu sistem.

2.4 Operator Training Simulator (OTS)

Operator Training Simulator (OTS) merupakan suatu perangkat aplikasi yang dibuat untuk tujuan pelatihan operator. OTS digunakan untuk belajar bagaimana mengoperasikan sebuah unit operasi dalam berbagai kondisi termasuk keadaan darurat, kondisi *start-up* maupun *shutdown* atau suatu kondisi operasi yang jarang dijumpai dari kondisi normal. Dalam OTS, semua hal yang berhubungan dengan pengoperasian suatu unit proses *plant* riil dimodelkan dalam bentuk perangkat lunak. Pada Tugas Akhir ini, OTS dibangun menggunakan fitur yang terdapat pada perangkat lunak DCS Centum VP.

3 Metode Perancangan

Perancangan yang dilakukan terbagi menjadi dua bagian yaitu pembangunan simulator dan perancangan sistem kontrol. Bagian pertama yaitu pembangunan simulator dengan skema perancangan pada **Gambar 1** diagram blok berikut ini.

Gambar 31 Diagram Blok Pembangunan Simulator

Dalam pemodelan sistem dilakukan pemodelan matematis berdasarkan prinsip kesetimbangan massa dan energi terhadap kondisi riil *Mini Plant Flow* yang ditinjau [15]. Sub-sistem yang ditinjau antara lain Sub-Sistem Tangki Air Panas, Tangki Air Dingin, dan Pipa Percampuran Keluaran Tangki Air Panas dan Tangki Air Dingin. Kemudian, dilanjutkan identifikasi sistem untuk menentukan variabel terukur dan tidak terukur hingga penentuan nilai optimum parameter yang tidak dapat diukur. Selanjutnya, pembuatan *project* baru hingga *running project* dilakukan pada software DCS Centum VP dengan rancangan *Human Machine Interface* (HMI) pada **Gambar 2**.

Gambar 32 Rancangan Human Machine Interface (HMI)

Bagian kedua yaitu perancangan pengontrol dengan menentukan kondisi, daerah operasi, dan identifikasi parameter pengontrol. Pengontrol yang dirancang adalah pengontrol PID Ziegler-Nichols kalang terbuka dengan formasi besarnya penguatan proportional, waktu integrasi, dan waktu tunda ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 6 Rancangan Pengontrol PID

Pengontrol	K _p	T _i (s)	T _d (s)
P	1,15	∞	0
PI	1,27	65,02	0
PID	0,96	43,34	10,84

Setelah nilai parameter komponen pengontrol diketahui, ditentukan bentuk perlakuan uji coba nilai parameter yaitu percobaan dua kali dan satu kali set *point tracking* untuk validasi data mengetahui tingkat kinerja pengontrolan yang diberikan pada *mini plant flow*.

Gambar 33 Perlakuan Uji Coba Dua Kali Set Point Tracking

Gambar 34 Perlakuan Uji Coba Satu Kali Set Point Tracking

4 Hasil Simulasi dan Validasi Data

Hasil validasi simulasi model terhadap data riil *mini plant flow* dilakukan selama kondisi *start-up* hingga mencapai kondisi tunak untuk daerah operasi bukaan valve CV-01 40-70% pada frekuensi putaran pompa 25 Hz dengan waktu cuplik adalah 5 menit yang dilakukan selama 100 menit. Kondisi operasi simulasi yang ditinjau yaitu debit aliran campuran, level awal tangki air panas dan tangki air dingin, temperatur awal (tangki air panas, tangki air dingin, pipa campuran), serta bukaan Control Valve CV-01.

Gambar 35 Kurva Karakteristik Data Riil Plant Terhadap Waktu

Diperoleh nilai SSE terhadap data riil untuk parameter level dan temperatur tangki air panas,

level dan temperatur tangki air dingin, dan temperatur air campuran berturut-turut adalah 0,0007; 0,4781; 0,0004; 2,2715; dan 0,0168.

Gambar 36 Kurva Hasil Pemodelan Level Terhadap Waktu

Gambar 37 Kurva Perbandingan Level 1 Data Riil Plant dan Pemodelan

Gambar 38 Kurva Perbandingan Level 2 Data Riil Plant dan Pemodelan

Gambar 39 Kurva Hasil Pemodelan Temperatur Terhadap Waktu

Gambar 40 Kurva Perbandingan Temperatur 1 Data Riil Plant dan Pemodelan

Gambar 41 Kurva Perbandingan Temperatur 2 Data Riil Plant dan Pemodelan

Gambar 42 Kurva Perbandingan Temperatur Campuran Data Riil Plant dan Pemodelan

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa pengontrol PID Ziegler-Nichols hasil penalaan dapat mencapai *set point* yang diberikan dengan rentang variabel manipulasi CV-01 berada di daerah operasi pengontrolan 40-70% sesuai dengan identifikasi menggunakan karakteristik statik. Hasil rancangan pengontrol PID memiliki waktu tunda (t_d), maksimum *overshoot* (M_p), dan *settling time* (t_s) yang diperoleh sebesar 152 sekon, 0,04%; dan 225 sekon. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil uji *set point tracking* yang ditunjukkan pada Gambar 13 dan Gambar 14 berikut.

Gambar 43 Kurva Temperatur Campuran Proses dan Setting Point Dua Kali Set Point Tracking

Gambar 44 kurva Temperatur Campuran Proses dan Setting Point Satu Kali Set Point Tracking

5 Kesimpulan

Telah dibangun sebuah *Operator Training Simulator (OTS) Mini Plant Flow* Laboratorium MSIK Teknik Fisika ITB berdasarkan hasil identifikasi sistem. Hasil validasi simulasi model terhadap data riil *mini plant flow* dilakukan selama kondisi *start-up* hingga mencapai kondisi tunak untuk daerah operasi bukaan valve CV-01 40-70% pada frekuensi putaran pompa 25 Hz. Hasil rancangan pengontrol PID dengan penalaan kalang terbuka Ziegler Nichols, dapat digunakan sebagai salah satu pengontrol *mini plant flow*. Besarnya parameter P, I, dan D yaitu 0,96; 43,34 sekon; dan 10,84 sekon dengan waktu tunda (t_d),

maksimum overshoot (M_p), dan settling time (t_s) yang diperoleh sebesar 152 sekon, 0,04%; dan 225 sekon.

6 Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, orang tua, civitas akademika Teknik Fisika ITB, serta segala pihak yang telah mendukung.

7 Nomenklatur

K	=	penguatan
K_p	=	penguatan proporsional
T_d	=	waktu tunda
T_i	=	waktu integrasi
t_d	=	waktu tunda proses
τ	=	konstanta waktu

8 Daftar Pustaka

- [1] I. Setiawan, "Kontrol PID untuk Proses Industri," 2008.
- [2] Z. ZHIPING, "Stabilizability and dominant pole placement by PID controllers," 2007.
- [3] W. L. Luyben, *Process modeling, simulation and control for chemical engineers*. McGraw-Hill Higher Education, 1989.
- [4] W. C. Dunn, *Fundamentals of industrial instrumentation and process control*. McGraw-Hill, 2005.
- [5] K. Ogata, *Modern control engineering 5th edition*. Lugar: Upper Saddle River, New Jersey 07458. Prentice Hall, 2009.
- [6] E. Nelson, C. Best, W. G. McLean, and M. Potter, *Schaum's Outline of Engineering Mechanics Dynamics*. McGraw Hill Professional, 2010.
- [7] W. E. Forsthofer, 3. *Forsthofer's Rotating Equipment Handbooks: Compressors*, vol. 3. Elsevier, 2005.
- [8] I. Karrasik and T. McGuire, *Centrifugal Pumps*. Chapman & Hall, 1998.
- [9] PT Yokogawa Indonesia, *Engineering Control Student's Textbook*. Jakarta, 2009.
- [10] N. A. Weiss and C. A. Weiss, *Introductory statistics*. Pearson Education, 2012.
- [11] J. F. Smuts, "Process control for practitioners," *Leag. City TX Opt. Inc*, 2011.
- [12] B. Bradu, P. Gayet, and S.-I. Niculescu, "A process and control simulator for large scale cryogenic plants," *Control Eng. Pract.*, vol. 17, no. 12, pp. 1388–1397, 2009.
- [13] J. Park and S. Mackay, *Practical data acquisition for instrumentation and control systems*. Newnes, 2003.
- [14] PT Yokogawa Indonesia, *Engineering Course Student's Workbook*. .
- [15] M. Sri Suratmi dan S. A. F. Annisa, "Perancangan Operator Training Simulator (OTS) dan Pengontrol PID Mini Plant Flow Menggunakan DCS", Bandung: Tugas Akhir Sarjana Teknik Fisika ITB, 2015.