

IDENTIFIKASI KURVA LUP TERBUKA PADA *HEAT EXCHANGER* UNTUK MENENTUKAN PARAMETER PENGENDALI PID DAN ELIMINASI *OVERSHOOT* KURVA LUP TERTUTUP HASIL DARI KENDALI PI

**Taufik
NIM : 94219001**



TESIS

**Untuk memperoleh gelar Magister dalam bidang Ilmu Teknik pada Universitas Muhammadiyah Palembang
Dengan wibawa Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
Dipertahankan pada tanggal 13 Juli 2021 Di Universitas Muhammadiyah Palembang**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
TAHUN 2021**

IDENTIFIKASI KURVA LUP TERBUKA PADA *HEAT EXCHANGER* UNTUK MENENTUKAN PARAMETER PENGENDALI PID DAN ELIMINASI *OVERSHOOT* KURVA LUP TERTUTUP HASIL DARI KENDALI PI

TESIS

NAMA : TAUFIK

NIM : 94219001

Disetujui untuk disampaikan kepada Panitia Penguji

Pada Tanggal: 13 Juli 2021

Pembimbing 1

Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni, M.T

NIDN : 0227077004

Pembimbing 2

Sri Martini.S.T.,M.T.,Ph.D.

NIDN : 0001117901

Mengetahui Ketua

Program Studi

Dr. Ir. Elfidiyah, M.T

NIDN: 0202066401

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : TAUFIK
NIM : 94219001
Program Studi : Magister Teknik Kimia

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Magister Pendidikan baik di Universitas Muhammadiyah Palembang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Palembang, 12 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



(TAUFIK)

IDENTIFIKASI KURVA LUP TERBUKA PADA *HEAT EXCHANGER* UNTUK MENENTUKAN PARAMETER PENGENDALI PID DAN ELIMINASI *OVERSHOOT* KURVA LUP TERTUTUP HASIL DARI KENDALI PI

Taufik

Taufik.2021. IDENTIFIKASI KURVA LUP TERBUKA PADA *HEAT EXCHANGER* UNTUK MENENTUKAN PARAMETER PENGENDALI PID DAN ELIMINASI *OVERSHOOT* KURVA LUP TERTUTUP HASIL DARI KENDALI PI

Tesis Program Studi Teknik Kimia, Program Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Palembang. Pembimbing (I) Dr .Ir. Kiagus Ahmad Roni, M.T, (II) Sri Martini.ST.MT.Phd.

Abstrak

Perubahan karakteristik pada *heat exchanger* akibat terjadinya endapan kotoran dan efek korosi pada pipa-pipa konduksi seringkali membuat sistem sulit dikendalikan dengan baik. Untuk mengantisipasi kondisi proses yang sering mengalami perubahan karakteristik, penulis mencoba mengidentifikasi kurva lup terbuka dari *heat exchanger* yang berupa kurva temperatur dan membuat program simulasi sistem pengendali PID. Metode identifikasi yang digunakan adalah metode C.L. Smith, sedangkan untuk membuat program simulasi digunakan metode Runge-Kutta. Hasil uji coba simulasi harus menunjukkan perubahan proses variabelnya mengikuti acuan/target, atau *set point*. Seringkali dengan menggunakan pengendali tipe PI hasil uji coba simulasinya terjadi *overshoot*. Untuk menghilangkan *overshoot* ini, maka langkah selanjutnya dengan membuat program simulasi lagi.

Kata kunci : *heat exchanger*, temperatur, pengendali PID, metode C.L. Smith, metode Runge-Kutta, *overshoot*,

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan ridha-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “IDENTIFIKASI KURVA LUP TERBUKA PADA *HEAT EXCHANGER* UNTUK MENENTUKAN PARAMETER PENGENDALI PID DAN ELIMINASI *OVERSHOOT* KURVA LUP TERTUTUP HASIL DARI KENDALI PI”. Tesis ini merupakan salah satu syarat mendapatkan gelar Magister Teknik di Program Pasca Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Dengan diberikannya kesempatan untuk membimbing dalam penulisan tesis ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kiagus Ahmad Roni, M.T, sebagai Pembimbing I
2. Ibu Dr Sri Martini.ST.MT.Phd sebagai Pembimbing II

Yang telah meluangkan waktu yang sangat berharga memberikan bimbingan dalam menyelesaikan tesis ini.

Ucapan terima kasih yang sama penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengikuti program S2 di Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang, yang telah memberikan persetujuan kepada penulis untuk mengikuti program S2 di Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang, yang telah memberi izin penuh dan perhatian kepada penulis untuk mengikuti program S2 di Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Ibu Ketua Program Pasca Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang dan staf administrasi yang senantiasa memberikan informasi perkuliahan secara langsung kepada penulis.
5. Isteriku Mahlena, S.E dan anakku Masayu Nazhirah Qanita atas kesabaran, dukungan dan do'a yang telah diberikan. Untuk anakku, ma'afkan atas banyaknya waktu dan pengertian yang hilang demi penyelesaian tesis ini.
6. Teman-temanku Cekmas Cekdin, Taufik Barlian, Zulkifli Saleh atas dorongan untuk memberi semangat demi untuk menyelesaikan tesis ini.

Semogah Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membukakan jalan dan rahmat-Nya kepada kita semua dalam penyelesaian tugas-tugas besar yang kita hadapi.

Palembang,
Penulis,

Taufik

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
RINGKASAN	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Urgensi atau Keutamaan Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Sistem Pengendali Lup Terbuka dan Tertutup	5
2.2. Karakteristik Tanggapan Peralihan	6
2.3. Istilah-istilah pada Sistem Pengendali Otomatis	10
2.4. Diagram Blok	11
2.5. <i>Heat Exchanger</i>	13
2.6. Analisa Kurva Peralihan Untuk Menentukan Model Proses	17
2.7. Gambar Tempat Kedudukan Sistem Dinamika	19
2.8. Penyelesaian Persamaan Diferensial dengan Metoda Runge-Kutta	24
2.9. Sistem Pengendali PID Pada Proses	26
2.9.1. Pengendali PID	26

2.9.1.1. Pengendali Proporsional (P)	27
2.9.1.2. Pengendali Integral (I)	28
2.9.1.3. Pengendali Proporsional Plus Integral (PI)	28
2.9.1.4. Pengendali Proporsional Plus Derivatif (PD)	29
2.9.1.5. Pengendali Proporsional Plus Integral Plus Derivatif (PID)	30
2.9.2. Penalaan Untuk Pengendali PID	31
2.10. Cara Perancangan Simulasi Pengendalian Suatu Proses Dengan Pengendali PID	32
2.11. Eliminasi <i>Overshoot</i> Kurva Tanggapan Lup Tertutup	36
BAB 3 METODE PENELITIAN	40
3.1. Waktu dan Tempat	40
3.2. <i>Fishbone</i> Penelitian	40
3.3. Bahan dan Alat	41
3.4. Jadwal Penelitian	41
BAB 4 IDENTIFIKASI, SIMULASI DAN ANALISIS	43
4.1. Identifikasi	43
4.2. Simulasi	44
4.3. Analisis	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Heat Exchanger merupakan unit proses sekunder yang banyak dibutuhkan dalam industri proses kimia. Sekalipun *heat exchanger* hanyalah salah satu dari proses sekunder, dan juga sangat menentukan mutu hasil produk akhir pada industri tersebut.

Peralatan tersebut digunakan untuk melakukan pertukaran panas antara dua jenis fluida yang mempunyai beda temperatur dan diharapkan dapat memberikan temperatur fluida dari keluaran menjadi konstan. Adanya beberapa peristiwa fisik seperti kebocoran pipa dan kebocoran isolator panas pada *heat exchanger* dapat merubah karakteristik proses menyebabkan kestabilan sistem terganggu, sehingga diperlukan pengendalian terhadap perubahan-perubahan parameter-parameter proses tersebut.

Selama ini, jenis pengendali yang banyak dipakai dalam industri adalah pengendali PID (Proporsional, Integral, dan Diferensial). Pengendali PID sebenarnya merupakan pengendali konvensional yang memiliki keadaan cukup baik dan pengoperasian yang mudah, masih banyak dimanfaatkan.

Pengendali PID memberikan tiga macam cara pengendalian yaitu : Proporsional (P), Integral (I), Diferensial (D). Dalam operasinya ke tiga parameter pengendali itu memerlukan penalaan yang baik, agar dapat memberikan tanggapan keluaran yang baik dan cepat.

Banyak metode telah diperkenalkan untuk menala parameter pengendali PID di antaranya metode Rungge-Kutta, tetapi seringkali untuk mendapatkan unjuk kerja

pengendalian yang baik pada setiap proses, parameter pengendaliannya ditala secara manual melalui metode *trial and error*. Setiap perubahan karakteristik proses harus di sertai dengan penalaan kembali parameter pengendali. Pekerjaan melakukan penalaan kembali pengendali adalah pekerjaan yang membutuhkan waktu dan sangat mengganggu proses yang sedang berjalan. Untuk itu diperlukan suatu teknik yang mampu mengadaptasi perubahan parameter proses yang terjadi, dan sekaligus melakukan penalaan kembali parameter pengendali secara otomatis.

B. Rumusan Masalah

Karena terlalu terbatasnya ilmu pengetahuan tentang teknik kendali pada operator di Ruang Kendali (*Control Room*) suatu industri, maka operator tersebut tidak bisa bebas pergi kemana-mana, harus ada di Ruang Kendali tersebut untuk memantau layar monitor komputer setiap waktu. Hal ini karena kebiasaan operator dalam menanggulangi bila terjadi perubahan proses variabel (*variable process*) seperti : temperatur, tekanan, kecepatan aliran fluida, tinggi permukaan cairan, operator tersebut untuk menalal ulang atau men-*setting* ulang dari perubahan proses variabel yaitu dengan cara *rule of thumb*, atau metode *trial and error*, suatu cara kebiasaan. Cara/metode ini sangat mengandung resiko berbahaya karena sering terjadi perubahan proses variabel terjadi secara tiba-tiba dan ekstrim. Kelakuan dari cara/metode *rule of thumb* ini pada perubahan proses variabel sulit sekali untuk mengikuti *set-point* atau target dan perubahan proses variabel terjadi berfluktuasi, oleh karena itu operator harus siap di Ruang Kendali.

Melalui penelitian tesis ini penulis akan mencoba merancang dan membuat *software* untuk simulasi dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB versi 6.5. Rancangan yang akan dibuat adalah mengidentifikasi kurva lup terbuka berupa kurva temperatur pada *heat exchanger* dengan kasus di PT. PERTAMINA UP III Plaju. Kurva lup terbuka yang diidentifikasi dengan menggunakan metode C.L

Smith yaitu menetapkan bahwa hubungan antara waktu t_1 , t_2 , sehingga akan didapatkan parameter : konstanta waktu τ dan waktu tunda t_d . Setelah parameter tersebut didapat akan buat simulasi program kurva lup tertutup dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB versi 6.5 dan untuk menala parameter pengendali PID dengan metode Rungge-Kutta. Biasanya dari hasil rancangan simulasi program yaitu perubahan proses variabel adalah sama atau mendekati *set-point* atau target, dan sesuai dengan dinamika di lapangan. Hasil rancangan simulasi ini juga dapat digunakan untuk melatih operator di suatu industri yang berskala besar.

C. Tujuan Penelitian

Sesuai dengan latar belakang, tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengidentifikasi kurva lup terbuka berupa kurva temperatur pada *heat exchanger* dengan kasus di PT. PERTAMINA UP III Plaju, untuk mendapatkan parameter : konstanta waktu τ dan waktu tunda t_d .
2. Merancang dan membuat simulasi program kurva lup tertutup dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB versi 6.5 dan untuk menala parameter pengendali PID dengan metode Rungge-Kutta.
3. Menghilangkan *overshoot* hasil dari simulasi program kurva lup tertutup pada tipe pengendali PI.
4. Membandingkan hasil dari simulasi program dengan dinamika di lapangan.

D. Kegunaan dan Manfaat Penelitian

Nilai strategis penelitian ini dapat diuraikan ke dalam lima aspek sebagai berikut :

1. Aspek keselarasan

Yang menjadi luaran penelitian ini adalah dapat dihasilkannya inovasi baru sebagai simulasi program untuk melatih operator kendali di industri.

2. Aspek manfaat objek penelitian

Hasil akhir penelitian ini bukan sebuah rumusan, konsep maupun prototipe, namun sebuah wujud teknologi tepatguna yang berupa *software* sebagai produk yang dapat disumbangkan ke industri yang berskala besar. Inilah yang menjadi kebanggaan penulis untuk meneliti dan menjadi motivasi kuat untuk dapat mewujudkan dan dapat mempersembahkannya kepada pihak yang membutuhkan. Sangat beralasan jika dapat dikatakan bahwa penelitian ini dapat menghasilkan salah satu contoh teknologi tepatguna berupa *software* dan bermanfaat.

3. Aspek turunan penelitian

Penggunaan *software* yang dapat diaplikasikan pada industri yang berskala besar untuk melatih operator kendali merupakan aset berharga bagi kami. Dari aspek teknis hal tersebut merupakan indikator bahwa *software* yang kami buat dinilai layak untuk dikembangkan. Tetapi jika ingin diteliti secara profesional dan berorientasi sosial dan bisnis perlu dikaji turunan penelitian berikutnya yaitu penelitian dari aspek finansial dan dari aspek sosial ekonomi. Dengan demikian keberlanjutan penelitian ini sangat terbuka lebar hingga dibutuhkan kepedulian dan dukungan dari pihak industri yang berskala besar.

4. Aspek inovasi teknologi

Sampai saat ini sedikit sekali orang yang menekuni di bidang Sistem Teknik Kendali, khususnya Sistem Teknik Kendali Proses Industri. Hal ini dikarenakan harus paham atau mengerti matematika tingkat tinggi, disamping itu juga harus paham atau mengerti salah satu bahasa program komputasi seperti : Visual Basic, Delphi, MATLAB, Python, C++. Oleh karena itu disinilah mendorong penulis untuk meneliti dan mewujudkannya yang merupakan sebagai inovasi alternatif terbaru. Ini sebuah tantangan yang mendorong semangat penulis untuk meneliti untuk

mewujudkannya. Penulis optimis penelitian ini dengan dukungan dari pihak yang terkait, maka tujuan penelitian dapat tercapai dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dorf, Richard C., *Modern Control Systems*, 7th Edition, Addison-Wesley, 1995.
- [2] Franklin, Gene F., Powell, J David., Naeini, Abbas Emami., *Feedback Control of Dynamic Systems*, 3rd Edition, Addison-Wesley, 1994.
- [3] Ogata, Katsuhiko., *Modern Control Engineering*, 3rd Edition, Prentice-Hall International, Inc., 1997.
- [4] Dutton, Ken., Thompson, Steve., Barraclough., *The Art of Control Engineering*, Addison-Wesley, 1997.
- [5] Kuo, Benjamin C., *Automatic Control Systems*, 7th Edition, Prentice-Hall International, Inc., 1995.
- [6] Smith, Carlos A., Corripio, Armando., *Principles and Practice of Automatic Process Control*, 2nd Editoin, Wiley, 1997.
- [7] Roni, Kiagus Ahmad., Cekdin, Cekmas., *Sistem Kendali Proses Industri*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2019.
- [8] Luyben,W.L., *Process Modeling Simulation, and Control for Chemical Engineers*, 2nd Edition, McGraw-Hill International Editions, 1990.
- [9] Sailah, Siti, Cekdin, Cekmas., *Matematika Terapan*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2019.
- [10] Mikles, Jan., Fikar, Miroslav., *Process, Modelling, Identification, and Control*, Springer, 2007.
- [11] Lindfield, G., Penny, J., *Numerical Methods Using MATLAB*, Ellis Horwood, 1995.
- [12] Nise, Norman S., *Control Systems Engineering*, 2nd Edition, Addison-Wesley, 1995.
- [13] Lyshevski, Sergey Edward., *Control Systems Theory with Engineering Applications*, Jaico Publishing House, 2004.

- [14] Phillips, Charles L., Harbor, Royce D., *Feedback Control Systems*, 3rd Edition, Prentice-Hall International, Inc., 1996.
- [15] Raven, Francis H., *Automatic Control Engineering*, 5th Edition, McGraw-Hill International Editions, 1995.
- [16] Ogata, Katsuhiko., *Solving Control Engineering Problems with MATLAB*, Prentice-Hall International, Inc., 1994.
- [17] Golten, Jack., Verwer, Andy., *Control System Design and Simulation*, McGraw-Hill International Editions, 1992.
- [18] Cekdin, Cekmas., *Sistem Teknik Kendali*, Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2017