

**SIMULASI DAN PERANCANGAN PENGENDALIAN SISTEM  
JACKETED STIRRED TANK HEATER MENGGUNAKAN  
PENGENDALI FUZZY**

**TESIS**

oleh :

**FINA SUPEGINA**

**64 05 03 0163**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

**SIMULASI DAN PERANCANGAN PENGENDALIAN  
SISTEM *JACKETED STIRRED TANK HEATER*  
MENGUNAKAN PENGENDALI FUZZY**

**TESIS**

oleh :

**FINA SUPEGINA**

**64 05 03 0163**



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA  
GANJIL 2007/2008**

# **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul:

## **SIMULASI DAN PERANCANGAN PENGENDALIAN SISTEM JACKETED STIRRED TANK HEATER MENGUNAKAN PENGENDALI FUZZY**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Magister di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, Januari 2008

(Fina Supegina )

6405030163

# LEMBAR PERSETUJUAN

Tesis ini berjudul :

**SIMULASI DAN PERANCANGAN PENGENDALIAN  
SISTEM JACKETED STIRRED TANK HEATER  
MENGUNAKAN PENGENDALI FUZZY**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada program studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan telah diajukan dalam sidang ujian tesis.

Depok, Januari 2008  
Mengetahui/Menyetujui  
Dosen Pembimbing

**Dr. Ir. Wahidin Wahab MSc, PhD**

**NIP. 130702176**

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya tesis ini saya bersyukur kepada Allah SWT atas karunianya dan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

**Dr. Ir. Wahidin Wahab MSc PhD**

Sebagai dosen pembimbing Konsentrasi Teknik Kontrol Industri Departemen Elektro FTUI, yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, diskusi dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.

Depok, Januari 2008

**Fina Supegina**

**NPM. 6405030163**

# ABSTRACT

Fina Supegina  
NPM 64 05 03 0163  
Electrical Department

Lecture  
Dr. Ir. Wahidin Wahab MSc, PhD

## DESIGN AND SIMULATION JACKETED STIRRED TANK HEATER CONTROL SYSTEM WITH FUZZY LOGIC CONTROLLER

### ABSTRACT

*Jacketed Stirred Tank Heater* is a tank that covered by heater room which is called *Jacket*, this *jacket* have a function as room to transported heater materials and heating the fluids inside the tank. This *Jacketed stirred tank heater* system consist of tank & *jacket* part that surrounding the tank.

This *jacket* usage is to maintain the steam circulation flatten in whole tank and reduce heat transformation from inside tank to environment directly, because the temperature inside *jacket* maintained in level above the fluid temperature inside, so that the fluid inside tank would absorb heat from the *jacket* and not the contrary. This is the point which *jacket* usage on *Stirred Tank Heater* could speed up the heating process inside the tank.

*Jacketed Stirred Tank Heater* system models is obtained by use mass & energy balancing. This maths model system is a nonlinier equation. Linierisation process need to be done to get the linier equations. *Jacketed Stirred Tank Heater* system is a *Multi Input Multi Output* (MIMO) system, that consist of two input and two output variable.

This research objective is to design *Proportional Integral* (PI) and *fuzzy* control system to controlled jacketed stirred tank heater system, so we could get the output temperature that appropriate with the requirement. Controlling system is simulated by use MATLAB 7.1 version program and compared with the result from those two controlling system above.

# ABSTRAK

Fina Supegina  
NPM 64 05 03 0163  
Departemen Teknik Elektro

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Wahidin Wahab MSc, PhD

## SIMULASI DAN PERANCANGAN PENGENDALIAN SISTEM JACKETED STIRRED TANK HEATER MENGGUNAKAN PENGENDALI FUZZY

### ABSTRAK

*Jacketed Stirred Tank Heater* adalah sebuah tangki yang diselubungi oleh suatu ruangan pemanas yang disebut jaket, jaket ini berfungsi sebagai ruangan untuk menyalurkan bahan pemanas untuk memanaskan cairan yang terdapat di dalam tangki. Sistem *Jacketed stirred tank heater* ini terdiri dari bagian tangki dan bagian jaket yang mengelilingi tangki tersebut.

Penggunaan *jacket* adalah untuk menjaga sirkulasi kalor merata di sekeliling tangki dan mengurangi transfer kalor dari dalam tangki langsung ke lingkungan, karena temperatur di dalam *jacket* dijaga berada di atas temperatur cairan di dalam tangki, sehingga cairan di dalam tangki akan menyerap kalor dari *jacket* dan bukan sebaliknya. Hal inilah yang membuat penggunaan *jacket* pada *Stirred Tank Heater* dapat mempercepat proses pemanasan cairan di dalam tangki.

Model sistem *Jacketed Stirred Tank Heater* diperoleh dengan menggunakan kesetimbangan massa dan energi. Model matematik sistem ini merupakan persamaan yang memiliki sifat nonlinier. Proses linierisasi perlu dilakukan untuk mendapatkan persamaan-persamaan yang bersifat linier. Sistem *Jacketed Stirred Tank Heater* merupakan sistem *Multi Input Multi Output* (MIMO), yang terdiri dari dua varabel input dan dua variabel output.

Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem kendali *Proportional Integral* (PI) dan sistem kendali *fuzzy* untuk mengatur sistem jacketed stirred tank heater sehingga mendapatkan temperatur output sesuai dengan yang diinginkan. Pengendalian sistem disimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB versi 7.1 dan kemudian membandingkan hasil pengendalian yang diperoleh dengan kedua jenis pengendali tersebut.

# DAFTAR ISI

	hal
<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Pernyataan Keaslian Tesis</b> .....	ii
<b>Persetujuan</b> .....	iii
<b>Ucapan Terima Kasih</b> .....	iv
<b>Abstrak</b> .....	v
<b>Abstract</b> .....	vi
<b>Daftar Isi</b> .....	vii
<b>Daftar Gambar</b> .....	ix
<b>Daftar Simbol</b> .....	xii
<b>Daftar Tabel</b> .....	xiii
<b>Bab 1. Pendahuluan</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Pembahasan .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Sistematika Penulisan .....	3
<b>Bab 2. Pemodelan dan Landasan Teori Sistem Jacketed Stirred   Tank Heater</b> .....	4
2.1. Model Sistem Jacketed Stirred Tank Heater .....	5
2.1.1 Kesetimbangan Massa Di Sekitar Tangki .....	6
2.1.2 Kesetimbangan Energi Di Sekitar Tangki .....	6
2.1.3 Kesetimbangan Massa Di Sekitar Jacket .....	7
2.1.4 Kesetimbangan Energi Di Sekitar Jacket .....	8
2.2 Model Ruang Keadaan .....	11
2.3 Model Fungsi Alih .....	13
2.4 Decoupler pada interaksi loop .....	15
2.5 Tuning PID .....	19
2.6 Pengendali Logika Fuzzy .....	20



2.6.1 Pendekatan Konvensional .....	21
2.6.2 Pendekatan Logika Fuzzy.....	23
2.6.2.1 Fuzzifikasi ( <i>fuzzification</i> ).....	23
2.6.2.2 Inferensi .....	25
2.6.2.3 Defuzzifikasi ( <i>defuzzification</i> ) .....	27
2.6.3 Logika Fuzzy dalam Teknik Kendali .....	28
<b>Bab 3. Perancangan Sistem Jacketed Stirred Tank Heater .....</b>	<b>32</b>
3.1 Perancangan Decoupler .....	32
3.2 Perancangan Pengendali PI .....	34
3.3 Perancangan Pengendali Fuzzy .....	35
<b>Bab 4. Simulasi Dan Analisa Sistem Jacketed Stirred Tank Heater.....</b>	<b>39</b>
4.1 Simulasi Decoupler .....	39
4.1.1. Hasil simulasi dan analisa lingkaran terbuka tanpa decoupling .....	39
4.1.2 .Hasil simulasi dan analisa lingkaran terbuka dengan decoupling .....	42
4.2 Simulasi Pengendali PI .....	44
4.2.1 Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan .....	44
4.2.2 Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki .....	45
4.2.3 Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jaket .....	49
4.3 Simulasi Pengendali Fuzzy .....	53
4.3.1 Simulasi Pengendali Fuzzy dengan tiga fungsi keanggotaan .....	53
4.3.2 Hasil pengendalian fuzzy tanpa gangguan .....	56
4.3.3 Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki .....	57
4.3.4 Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket .....	61
4.4 Perbandingan Unjuk Kerja Pengendali .....	64
<b>Bab 5. Penutup .....</b>	<b>67</b>
<b>Daftar Acuan .....</b>	<b>68</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Proses Sistem Jacketed Stirred Tank Heater .....	4
Gambar 2.2	Blok Diagram Jacketed Stirred Tank Heater .....	5
Gambar 2.3	Blok Diagram Model Ruang Keadaan .....	11
Gambar 2.4	Diagram Blok Fungsi Alih Sistem Jacketed Stirred Tank Heater .....	14
Gambar 2.5	Skema Proses Multivariabel 2 x 2 .....	15
Gambar 2.6	Sistem dengan decoupler .....	18
Gambar 2.7	Pengendali Konvensional .....	22
Gambar 2.8	Tahapan Proses dalam Logika Fuzzy .....	23
Gambar 2.9	Fungsi keanggotaan variabel masukan temperatur ruangan .....	24
Gambar 2.10	Fungsi Keanggotaan Variabel Keluaran Kecepatan Kipas .....	26
Gambar 2.11	Hasil Inferensi .....	27
Gambar 2.12	Penghitungan Titik Pusat .....	28
Gambar 2.13	Arsitektur Pengendali Fuzzy .....	29
Gambar 2.14	Arsitektur Umum Sistem Pengendali Fuzzy .....	30
Gambar 3.1	Blok Diagram Sistem Kendali Pada Jacketed Stirred Tank Heater .....	32
Gambar 3.2	Blok Diagram Decoupler Sistem Jacketed Stirred Tank Heater .....	33
Gambar 3.3	Diagram Simulink Sistem Pengendali Proportional Integral (PI) .....	35
Gambar 3.4	Sistem kendali logika fuzzy pada sistem jacketed stirred tank heater .....	36
Gambar 3.5	Diagram Simulink Sistem Pengendali Logika Fuzzy .....	37
Gambar 4.1	Respon sistem tanpa decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 1 .....	40
Gambar 4.2	Respon sistem tanpa decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 2 .....	41
Gambar 4.3	Respon sistem decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 1 .....	42

Gambar 4.4	Respon sistem decoupling dengan masukan unit step pada masukan kendali 2 .....	43
Gambar 4.5	Pengendali PI Tanpa Gangguan .....	45
Gambar 4.6	Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+50 %) .....	46
Gambar 4.7	Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+100 %) .....	47
Gambar 4.8	Simulasi pengendali PI dengan gangguan pada temperatur input tangki (+200 %) .....	48
Gambar 4.9	Hasil Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket (+50%) .....	50
Gambar 4.10	Hasil Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket (+100 %) .....	51
Gambar 4.11	Simulasi Pengendali PI Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket (+200%) .....	52
Gambar 4.12	Fungsi Keanggotaan Error (E) temperatur tangki .....	54
Gambar 4.13	Fungsi Keanggotaan Perubahan Error (DE) temperatur tangki ....	54
Gambar 4.14	Fungsi Keanggotaan Output Perubahan (DU) Temperatur Tangki .....	54
Gambar 4.15	Fungsi Keanggotaan Error (E) temperatur tangki .....	55
Gambar 4.16	Fungsi Keanggotaan Perubahan Error (DE) temperatur jacket .....	55
Gambar 4.17	Fungsi Keanggotaan Perubahan Output (DU) temperatur jacket ..	55
Gambar 4.18	Hasil Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan .....	57
Gambar 4.19	Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki (+50) % .....	58
Gambar 4.20	Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki (+100 %) .....	59
Gambar 4.21	Hasil Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur Input Tangki (+200 %) .....	60
Gambar 4.22	Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan Temperatur input jacket (+50%) .....	62

Gambar 4.23 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan	
Temperatur input jaket (+100%) .....	63
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Dengan Gangguan	
Temperatur input jaket (+200%) .....	64



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan antara Variabel Masukan, Aturan, dan Variabel Keluaran .....	26
Tabel 3.1 Parameter pengendali PI .....	34
Tabel 3.2 Rules Pengendali Logika Fuzzy pada sistem jacketed stirred tank heater .....	38
Tabel 4.1 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan .....	45
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan pada temperatur input tangki .....	49
Tabel 4.3 Hasil Simulasi Pengendali PI Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket .....	53
Tabel 4.4 Rentang nilai ( <i>Range</i> ) fungsi keanggotaan .....	56
Tabel 4.5 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki .....	61
Tabel 4.6 Hasil Simulasi Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket .....	64
Tabel 4.7 Perbandingan Hasil Simulasi Pengendali PI dan Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Tangki .....	65
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Simulasi Pengendali PI dan Pengendali Fuzzy Tanpa Gangguan dan Dengan Gangguan Pada Temperatur Input Jacket .....	66

## DAFTAR SIMBOL

A	=	area transfer panas
$C_p$	=	kapasitas panas (energi/massa x temperatur)
F	=	volume rata-rata aliran (volume/time)
$\rho$	=	densitas (massa/volume)
T	=	temperatur
t	=	waktu
Q	=	rata-rata transfer panas keseluruhan (energi/time)
U	=	koefisien transfer panas (energi/(time x area x temperatur))
V	=	volume
i	=	input
o	=	output
j	=	jaket
ji	=	jaket inlet
ref	=	referensi
s	=	steady state
u	=	input
x	=	state