

**OPTIMALISASI PARAMETER PENGENDALI PID DENGAN  
GENETIC ALGORITHM PLUS FUZZY LOGIC PADA PROSES  
PENGENDALIAN Suhu STIRRED TANK HEATER**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh**

**TRIYA HAIYUNNISA**

**03101404004**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2014**

S  
621.420 f  
Tri  
0  
2014

R 5553 / 5590

**OPTIMALISASI PARAMETER PENGENDALI PID DENGAN  
GENETIC ALGORITHM PLUS FUZZY LOGIC PADA PROSES  
PENGENDALIAN SUHU *STIRRED TANK HEATER***



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

**Oleh**

**TRIYA HAIYUNNISA**

**03101404004**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2014**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**OPTIMALISASI PARAMETER PENGENDALI PID DENGAN**  
***GENETIC ALGORITHM PLUS FUZZY LOGIC* PADA PROSES**  
**PENGENDALIAN SUHU *STIRRED TANK HEATER***



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik**  
**Pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**  
**Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**TRIYA HAIYUNNISA**

**03101404004**

**Mengetahui,**  
**☞Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**Ir. Sariman, MS**  
**NIP. 195807071987031004**

Pembimbing Utama,

**Bhakti Yudho Suprpto ST, MT**  
**NIP. 197502112003121002**

Pembimbing Pendamping,

**Ike Bayusari, ST, MT**  
**NIP. 197010181997022001**

## ABSTRAK

*Dalam tugas akhir ini, dirancang suatu sistem kendali suhu Stirred Tank Heater yang menggunakan pengendali PID dimana Algoritma Genetika dengan sistem Fuzzy Logic digunakan untuk menentukan parameter pengendali PID. Perancangan sistem dimulai dengan mencari fungsi alih pada Stirred Tank Heater. Kemudian dilakukan perancangan sistem fuzzy logic yang digunakan untuk mencari parameter-parameter pada Algoritma Genetika yaitu probabilitas crossover ( $P_c$ ) dan probabilitas mutasi ( $P_m$ ). Parameter ini digunakan untuk mencari nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Nilai parameter PID yang didapat adalah  $K_p=0.083$ ,  $K_i=0.088$ ,  $K_d=0.069$ , dan  $N=0.018$ . Berdasarkan hasil pengujian, respon keluaran mencapai nilai steady state lebih lama pada  $t = 1122$  s, namun overshoot yang dihasilkan cenderung kecil jika dibandingkan dengan hasil pengontrolan PID yang menggunakan metode Ziegler-Nichols yakni sebesar 22.1 dan error steady state 0.*

**Kata kunci :** Stirred Tank Heater, PID, fuzzy logic, Algoritma Genetika, steady state

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, serta sholawat dan salam saya hanturkan kepada muhammad dan keluarga nya yang suci, karena atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tulisan ini disusun sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana teknik pada jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada bapak Bhakti Yudho ST, MT selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Ike Bayusari, ST, MT selaku pembimbing pembantu atas bimbingan, saran dan dukungannya serta sebagai pengganti orang tua saya selama masa pendidikan baik dalam kampus maupun diluar. Tidak lupa penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya tugas akhir ini, antara lain kepada:

1. Bapak Ir. Sariman, MS, selaku Ketua Jurusan dan Ibu Ir. Sri Agustina MT, selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Segenap Dosen Pengajar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya atas bimbingan, saran dan dukungannya serta sebagai pengganti orang tua saya selama masa pendidikan baik di dalam kampus maupun diluar.
3. Kedua orang tua ku Papa dan Mama tercinta yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Kak Julyus Anggara, ST, Kak Josvin, Kak Feby, Kak Andes, dan Kak Obam terima kasih atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini.
5. Saudara-saudaraku, Rima Hasanah, ST, Arita Fathoniah, A.Md, Ilham Abdillah, dan Radna Kurnia Sari yang telah memberikan dukungan, terima kasih atas semuanya.
6. Terima Kasih kepada teman-teman seperjuangan Elektro angkatan 2010 terima kasih atas semangat yang diberikan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dari pembaca demi perbaikan tulisan ini sangat diharapkan. Besar harapan penulis, agar tugas akhir ini dapat bermanfaat, terutama dalam menambah kepustakaan di bidang Teknik Elektro.

Palembang, Juni 2014

Penulis



## DAFTAR ISI



	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Perumusan Masalah.....	I-3
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan Penulisan.....	I-4
1.5 Keaslian Penelitian .....	I-4
1.6 Metodologi Penulisan.....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 <i>Stirred Tank Heater</i> .....	II-1
2.1.1 Bentuk Keseimbangan Suatu Proses Kimia.....	II-2

2.1.2 Sensor Temperatur .....	II-5
2.1.3 Termokopel .....	II-6
2.1.4 <i>Final Control Element</i> .....	II-8
2.1.5 <i>Control Valve</i> .....	II-9
2.2 Pengendalian PID.....	II-12
2.3 Algoritma Genetika .....	II-15
2.3.1 Pengertian Algoritma Genetika.....	II-15
2.3.2 Struktur Umum Algoritma Genetika.....	II-15
2.3.3 Komponen-Komponen Utama Algoritma Genetika .....	II-17
2.3.4 Algoritma Genetika Sederhana .....	II-27
2.4 Teori Sistem <i>Fuzzy Logic</i> .....	II-28
2.4.1 Variabel <i>Fuzzy</i> .....	II-29
2.4.2 Himpunan Fuzzy .....	II-29
2.4.3 Fungsi Keanggotaan .....	II-29
2.4.4 Operator Dasar Zadeh Untuk Operasi Himpunan Fuzzy .....	II-30
2.4.5 <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	II-31
2.5 MATLAB ( <i>Matrix Laboratory</i> ) .....	II-34

### **BAB III PERANCANGAN SISTEM KENDALI**

3.1 Nilai Parameter Rancangan Dan Proses Kontrol .....	III-1
3.1.1 Fungsi Alih <i>Stirred Tank Heater</i> .....	III-1
3.1.2 Fungsi Alih <i>Thermocouple</i> .....	III-2



3.1.3 Fungsi Alih <i>Control Valve</i> .....	III-3
3.2 Perancangan <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	III-5
3.2.1 Fuzzifikasi <i>Input</i> .....	III-5
3.2.2 Aturan <i>Fuzzy</i> .....	III-6
3.3 Algoritma Genetika Untuk Penentuan Pengendali PID .....	III-8
3.3.1 Fungsi Objektif Pada Algoritma Genetika .....	III-8
3.3.2 Perancangan Operator Seleksi Algoritma Genetika .....	III-10

#### **BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA**

4.1 Hasil Pengujian .....	IV-1
4.1.1 Respon Pengendali PID Konvensional .....	IV-1
4.1.2 Respon Pengendali PID Dengan Metode Algoritma Genetika.....	IV-7
4.2 Analisa Hasil Pengujian .....	IV-16
4.3 Pengujian Dengan <i>Tracking Set-Point</i> .....	IV-19
4.4 Pengujian Dengan <i>Unit Ramp</i> .....	IV-21
4.5 Perbandingan Hasil Kontrol Menggunakan Algoritma Genetika <i>Plus</i> <i>Fuzzy Logic</i> Dengan Hasil <i>Tuning</i> Ziegler-Nichols .....	IV-23

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran.....	V-2

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Jenis - jenis Sensor Pengukur Suhu ( <i>Temperature</i> ).....	II-6
2.2. Karakteristik Masing-masing Pengendali.....	II-14
3.1. Nilai Parameter Rancangan <i>Stirred Tank Heater</i> .....	III-1
3.2. Aturan untuk nilai probabilitas <i>crossover</i> .....	III-6
3.3. Aturan untuk nilai probabilitas mutasi .....	III-7
4.1. Parameter pengendali PID Metode Ziegler-Nichols pertama.....	IV-3
4.2. Parameter pengendali PID Metode Ziegler-Nichols Kedua .....	IV-5
4.3. Karakteristik grafik perubahan <i>initial range</i> .....	IV-16
4.4. Karakteristik grafik perubahan <i>setpoint</i> .....	IV-20
4.5. Perbedaan karakteristik grafik yang dihasilkan.....	IV-24

## DAFTAR LAMPIRAN

1. MODEL - 1
2. MODEL - 2
3. MODEL - 3

## DAFTAR LAMPIRAN

1. MODEL - 1
2. MODEL - 2
3. MODEL - 3

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar</b>	
2.1. P&ID <i>Stirred Tank Heater</i> .....	II-2
2.2. Termokopel .....	II-7
2.3. Kontrol <i>Valve</i> tipe- <i>globe</i> .....	II-10
2.4. Diagram Blok Kontroler PID .....	II-13
2.5. Hubungan dalam fungsi waktu antara sinyal keluaran dengan masukan untuk kontroller PID.....	II-14
2.6. Ilustrasi representasi struktur dalam Algoritma Genetika.....	II-17
2.7. Contoh penggunaan Metode <i>Roulette Wheel Selection</i> .....	II-20
2.8. <i>Single Point Crossover</i> .....	II-22
2.9. <i>Multi Point Crossover</i> .....	II-23
2.10 Algoritma Genetika Sederhana .....	II-28
2.11 Representasi Kurva Fungsi Keanggotaan bentuk Gauss.....	II-30
2.12 Diagram Blok Sistem <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	II-32
2.13 Operasi Max-Min secara grafis.....	II-34
3.1 Diagram Blok Pengendalian Suhu <i>Stirred Tank Heater</i> .....	III-4
3.2 Diagram Blok Pengendalian Suhu <i>Stirred Tank Heater</i> dengan pengendali PID.....	III-4
3.3 Bentuk <i>Membership Function</i> .....	III-6

3.4	<i>Rule Editor</i> dengan <i>Antecedent</i> menggunakan operator AND .....	III-8
3.5	Besar nilai $P_c$ dan $P_m$ dengan menggunakan <i>fuzzy</i> .....	III-11
3.6	Proses pelatihan untuk mencari nilai $K_p$ , $K_i$ , dan $K_d$ terbaik .....	III-12
3.7	<i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem .....	III-13
3.8	<i>Flowchart</i> Proses <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	III-14
3.9	<i>Flowchart</i> Proses Algoritma Genetika.....	III-15
3.10	Blok Diagram Keseluruhan Sistem.....	III-16
4.1	Grafik <i>step response Stirred Tank Heater</i> .....	IV-2
4.2	Grafik yang menggunakan metode Ziegler-Nichols pertama dengan pengendali PID.....	IV-3
4.3	Grafik <i>Stirred Tank Heater close loop</i> .....	IV-4
4.4	Grafik yang menggunakan metode Ziegler-Nichols kedua dengan pengendali PID.....	IV-5
4.5	Hasil terbaik <i>tuning</i> PID.....	IV-6
4.6	Grafik yang menggunakan populasi = 20 dan generasi = 100.....	IV-8
4.7	Grafik yang menggunakan populasi = 30 dan generasi = 90.....	IV-9
4.8	Grafik yang menggunakan <i>crossover intermediate</i> .....	IV-10
4.9	Grafik yang menggunakan <i>crossover heuristic</i> .....	IV-11
4.10	Grafik yang menggunakan <i>selection uniform</i> .....	IV-12
4.11	Grafik yang menggunakan <i>initial range</i> [0;1].....	IV-13

4.12 Grafik yang menggunakan <i>initial range</i> [0;0.09].....	IV-15
4.13 Diagram blok pada <i>Stirred Tank Heater</i> dengan <i>tracking set point</i> .....	IV-19
4.14 Respon <i>output</i> pada <i>Stirred Tank Heater</i> dengan <i>tracking set point</i> .....	IV-20
4.15 diagram blok pada <i>Stirred Tank Heater</i> dengan <i>unit ramp</i> .....	IV-21
4.16 Grafik yang dihasilkan dengan menggunakan (a) Ziegler-Nichols <sup>[13]</sup> (b) Algoritma Genetika <i>plus Fuzzy Logic</i> .....	IV-24





## BAB I

### PENDAHULUAN



#### 1.1. Latar Belakang<sup>[7][15][16]</sup>

Di alam, individu di populasi saling bersaing untuk memperoleh sumber daya seperti makanan, baju, dan tempat bekerja. Juga, anggota-anggota sesama spesies sering bersaing untuk mendapatkan jodoh. Individu yang paling berhasil dalam mempertahankan hidup dan mendapatkan jodoh akan memiliki banyak keturunan (*offspring*). Sedangkan individu yang kinerjanya buruk akan menghasilkan sedikit keturunan, bahkan ada yang tidak memiliki keturunan sama sekali. Algoritma genetika menyimulasikan proses yang terjadi pada populasi alamiah tersebut, yang merupakan hal penting dalam proses evolusi.

Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*, GA) diusulkan pertama kali oleh John Holland dan kolega-koleganya di Universitas Michigan. GA secara khusus dapat diterapkan untuk memecahkan masalah optimasi yang kompleks. Karena itu GA baik untuk aplikasi yang memerlukan strategi pemecahan masalah secara adaptif.

Pada algoritma genetika, individu dihitung “daya tarik”-nya, yang dikenal sebagai nilai kebugaran (*fitness value*). Berdasarkan nilai-nilai tersebut maka akan terjadi saling tarik menarik antar individu sehingga terjadilah proses perkawinan. Dalam perkawinan tersebut akan terjadi proses pertukaran gen antar individu yang



kawin itu. Ada dua operator utama dalam proses tersebut, yaitu perkawinan silang (*crossover*) dan mutasi. Dalam proses-proses perkawinan diatas, ada parameter-parameter yang harus di set. Pada penelitian ini, parameter-parameter tersebut di set dengan menggunakan sistem *Fuzzy Logic*.

*Stirred Tank Heater* adalah tangki yang digunakan dalam dunia industri sebagai tangki reaksi. Dimana dalam proses kerjanya suatu material yang masuk ke dalam tangki tersebut akan diolah dengan menggunakan pemanas (*heater*) yang terdapat pada sisi luar atau sisi dalam dari tangki tersebut. Penggunaan pemanas (*heater*) pada tangki tersebut mempunyai cara yang berbeda untuk setiap proses kerjanya. Oleh karena itu diperlukanlah pengendali untuk mengatur penggunaan pemanas (*heater*) pada *stirred tank heater* tersebut.

PID (*Proportional, Integral, Derivative*) adalah salah satu pengendali dan banyak digunakan dalam proses industri. Dalam pengkonfigurasianya pengendali PID memiliki beberapa parameter yaitu :  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$ . Dimana parameter - parameter tersebut mempunyai ciri khasnya masing - masing sehingga dapat mempengaruhi bentuk keluaran yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukanlah suatu metoda yang bertujuan untuk mempermudah menentukan nilai parameter - parameter tersebut, agar hasil keluaran karakteristik sistemnya sesuai dengan kriteria desain yang diharapkan.

Berdasarkan beberapa hal diatas, penulis mencoba merancang sistem kendali suhu *Stirred Tank Heater* dengan menggunakan pengendali PID sebagai proses



pengendalinya. Adapun penggunaan pengendali PID tersebut, maka digunakanlah suatu metode Algoritma Genetika dengan sistem *Fuzzy Logic* untuk penentuan parameter pengendali PID pada pengaturan suhu *Stirred Tank Heater*.

## 1.2. Masalah yang akan dibahas

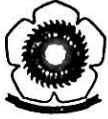
Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka permasalahan yang ada dirumuskan sebagai berikut :

1. Penerapan sistem fuzzy untuk mendapatkan parameter-parameter Algoritma Genetika.
2. Penerapan metode Algoritma Genetika dengan sistem *Fuzzy Logic* untuk mendapatkan optimasi parameter pengendali PID pada pengaturan suhu *Stirred Tank Heater*.
3. Menguji hasil *tuning* pengendali PID untuk pengaturan suhu *Stirred Tank Heater* dengan metode Algoritma Genetika dengan sistem *Fuzzy Logic* secara simulasi serta dibandingkan dengan metode Ziegler-Nichols.

## 1.3. Batasan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka pembatasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Air adalah medium yang digunakan dalam proses sistem pemanas (*heater*).



2. Kondisi gas dalam proses pemanasan dianggap ideal, aliran fluida dianggap stabil dan perpindahan panas dalam *Stirred Tank Heater* merata.
3. Kriteria performansi sistem untuk mendapatkan optimasi parameter pengendali PID didasarkan pada *Mean Square Error* (MSE).
4. Hasil pengujian akan ditampilkan dengan menggunakan simulasi MATLAB R2013b dan dibandingkan dengan metode Ziegler-Nichols yang pernah dibuat dengan spesifikasi *plant* yang sama.

#### 1.4. Tujuan Penulisan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengendalian suhu *Stirred Tank Heater* dengan menggunakan PID, yang ditentukan parameter-parameternya oleh Algoritma Genetika dengan menerapkan sistem *Fuzzy Logic*.

#### 1.5. Keaslian Penelitian <sup>[10][11][12]</sup>

Fokus penelitian ini adalah untuk optimasi PID pada pengendalian suhu *Stirred Tank Heater* dengan menggunakan *Algorithm Genetic* dan *fuzzy logic*. Dimana proses simulasi dilakukan dengan menggunakan MATLAB 2013b.

Penelitian tentang *Stirred Tank Heater* yang dilakukan oleh A.S. Rajagopalen (2013) dengan judul penelitian "Identification of An Effective Controller for a Stirred Tank Heater Process". *Stirred Tank Heater* dikontrol dengan menggunakan PID, *Internal Model Controller* (IMC) berdasarkan PID dan kendali adaptif.



Penelitian lain juga dilakukan oleh Mohd Fua'ad Rahmat dkk (2011) dengan judul penelitian "Temperature Control of a Continuous Stirred Tank Heater by Means of Two Different Intelligent Strategies". Pengendalian suhu pada *Stirred Tank Heater* dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Means of the least square* dan *fuzzy logic*. Kedua controller tersebut ditinjau berdasarkan kriteria *Sum of the Square Error* (SSE) dan *Integral Absolute Error* (IAE).

Ali Rabiee dkk (2013) pernah melakukan penelitian dengan judul "Nonlinear Model Predictive Control of a Continuous Stirred Tank Heater Based on Multiple Neural Networks". Dalam penelitian ini menjelaskan *Stirred Tank Heater* dioptimalkan performanya dengan menggunakan *Genetic Algorithm* (GA).

Dalam penelitian Tugas Akhir ini, proses optimalisasi suhu pada *Stirred Tank Heater* dilakukan dengan menggunakan controller PID berdasarkan *Genetic Algorithm* dan *Fuzzy Logic*. Adapun proses simulasi yang dilakukan, diolah menggunakan MATLAB 2013b.

## 1.6. Metodologi Penulisan

### a) Metode Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara pengumpulan literatur, buku, artikel dan jurnal yang berkaitan dengan bidang ilmu untuk dapat mendukung penyusunan tugas akhir ini.

### b) Metode Observasi



Metode ini dilakukan dengan cara mengamati pengaruh perubahan nilai parameter variabel sistem pada *Stirred Tank Heater* agar didapat target berupa temperatur yang sesuai dengan apa yang kita inginkan.

c) Metode Konsultasi dan Diskusi

Konsultasi dan diskusi dilakukan dengan dosen pembimbing dan atau dengan pihak-pihak yang terkait dengan tugas akhir ini.

d) Metode Pengujian

Metode ini dilakukan dengan menguji hasil pemodelan *Stirred Tank Heater* secara simulasi dan analisa menggunakan *software* MATLAB R2013b.

## 1.6 Sistematika Penulisan

a) BAB I : *Pendahuluan*. Berisi latar belakang permasalahan, perumusan masalah yang akan dibahas, pembatasan pembahasan, tujuan penyusunan, metodologi penelitian dan sistematika penulisan laporan.

b) BAB II : *Tinjauan Pustaka*. Berisi teori-teori penunjang yang berkaitan dengan stirred tank heater, Algoritma Genetika, teori system Fuzzy, dan Matlab

c) BAB III : *Perancangan Sistem Kendali*. Berisi parameter rancangan dan proses kontrol *Stirred Tank Heater*, serta perancangan Algoritma Genetika dengan sistem Fuzzy Logic dan



aplikasinya terhadap pengendali PID berdasarkan kriteria mean square error (MSE).

- d) BAB IV : *Simulasi dan Analisa*. Berisi pengujian hasil simulasi beserta analisa dan kemudian dibandingkan dengan metode Ziegler-Nichols.
- e) BAB V : *Kesimpulan Dan Saran*. Berisi kesimpulan dari seluruh uraian dan pembahasan sebelumnya, serta saran sebagai masukan dari pembahasan yang selanjutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bolton, W. 2004. *Instrumentation and Control System*, United Kingdom : Elsevier
- [2] C.A. Smith, and A.B. Corripio.1997. *Principles and Practice of Automatic process Control*, New York: Jhon Wiley & Sons
- [3] D.E. Seborg, T.F. Edgar, and D.A. Mellichamp.1989.*Process Dynamics and Control*, New Yoork:Jhon Wiley & Sons
- [4] Gen, Mitsuo & Cheng, Runwei. 2000. *Genetic Algorithms and Engineering Optimization*. Ashikaga, Japan: Institute of Technology.
- [5] Hughes, Thomas A. 2002. *Measurement and Control Basics, Third Edition*, USA : ISA
- [4] Kusumadewi, Sri. 2003. *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] Kuswadi, Son. 2007. *Kendali Cerdas (Teori dan Aplikasi Praktisnya)*. Andi, Yogyakarta
- [7] Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan MATLAB*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [8] Nora, Febby. 2012. *Metode Algoritma Genetika dengan Sistem Fuzzy Logic untuk Penentuan Parameter Pengendali PID pada Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (Tidak Dipublikasikan)*



- [9] Rabie, Alie dkk. 2013. *Nonlinear Model Predictive Control of a Continuous stirred Tank Heater based on Multiple Neural Networks*. Petroleum University of Technology, Ahwaz, Iran.
- [10] Rahmat, Mohd Fua'ad, dkk. 2011. *Temperature Control of a Continuous Stirred Tank Reactor by Means of Two Different Intelligent Strategies*. Universiti Teknologi Malaysia, Johor, Malaysia.
- [11] Rajagopalen, A.S. 2013. *Identification of an Effective Controller for a Stirred Tank Heater Process*. Anna University, Tamil Nadu, India.
- [12] Sanjoyo. 2006. *Aplikasi Algoritma Genetika*. [Online]. <http://sanjoyo55.files.wordpress.com/2008/11/non-linier-gen-algol.pdf>, diakses 6 Februari 2011.
- [13] Silalahi, J.E., 2012. *Perancangan dan Simulasi Sistem Kendali Suhu Pada Stirred Tank Heater Menggunakan Pengendali PID Berbasis Matlab*. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya (Tidak Dipublikasikan)
- [14] Stephanopoulos, George. 1984. *Chemical Process Control : An Introduction to Theory And Practice*, New Jersey : Prentice Hall
- [15] Tim Lab TKK. 2009. *Pengenalan MATLAB pada Sistem Kontrol*. Indralaya: Universitas Sriwijaya
- [16] \_\_\_\_\_. *Continuous Stirred Tank Reactor*. [Online]. <http://www.wikipedia.com>, diakses 25 maret 2012

- [17] \_\_\_\_\_. *Chemical Reactor*. [Online]. <http://www.wikipedia.com>, diakses 25 maret 2012
- [18] \_\_\_\_\_. 2008. *Logika Fuzzy*. Malang: Universitas Widyagama.
- [19] \_\_\_\_\_. 2008. *Pengantar Kecerdasan Buatan*. [Online]. <http://algoritma-genetika.pdf>, diakses 2 Juni 2011