

SKRIPSI

**SIMULASI MODEL PENGENDALIAN TINGGI PERMUKAAN CAIRAN
MENGUNAKAN PENGENDALI ANFIS**



**Disusun Oleh:
NANDANG HADIANA
(20000120034)**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

YOGYAKARTA

2009

LEMBAR PENGESAHAN I

Skripsi

SIMULASI MODEL PENGENDALIAN TINGGI PERMUKAAN CAIRAN

MENGGUNAKAN PENGENDALI ANFIS

OLEH :

NANDANG HADIANA

No. Mahasiswa : 20000120034

Jenjang : Strata – 1

Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Helman Muhammad, S.T, M.T)

(Romadhoni Syahputra, S.T, M.T.)

LEMBAR PENGESAHAN II

Skripsi

SIMULASI MODEL PENGENDALIAN TINGGI PERMUKAAN CAIRAN MENGUNAKAN PENGENDALI ANFIS

Skripsi ini telah dipertahankan dan disahkan di depan penguji pada tanggal

3 September 2009 di Ruang Pendadaran Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Telah disetujui dan disahkan oleh Tim Penguji :

Helman Muhammad, S.T, M.T (_____)
Dosen Penguji Ketua Tanggal :

Romadhoni Syahputra, S.T, M.T (_____)
Dosen Penguji Anggota/Pembimbing Muda Tanggal :

Ir. Tony K. Hariadi, M.T (_____)
Dosen Penguji Anggota Tanggal :

Ir. Slamet Suripto. (_____)
Dosen Penguji Anggota Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

(Ir. Rif'an Tzaqif, M.T.)

HALAMAN PERNYATAAN

Semua yang tertulis dalam naskah skripsi ini adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan atau bukan menjiplak hasil karya orang lain, kecuali yang secara tertulis dijadikan acuan dalam penulisan naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Desember 2009

Yang menyatakan,

Nandang Hadiana

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Terima kasih saya ucapkan kepada Allah SWT yang atas rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“SIMULASI MODEL PENGENDALIAN TINGGI PERMUKAAN CAIRAN MENGGUNAKAN PENGENDALI ANFIS”**.

Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Muhammad SAW beserta keluarga hingga akhir jaman.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat guna menyelesaikan program Pendidikan Strata Satu (S1), pada Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Dan pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. M. Dasron Hamid, M.Sc, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Toni K Hariadi, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Rif'an Tsaqif, M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Helman Muhammad, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Romadhoni Syahputra, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing II.

6. Bapak Haris Setyawan S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik selama penulis melaksanakan studi di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
7. Semua Dosen Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang selama ini dengan tulus memberikan ilmunya kepada penulis.
8. Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah membantu kelancaran administrasi.
9. Staf Laboratorium Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan izin untuk kami melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
10. Semua keluarga atas doa dan dukungan yang tanpa mengenal lelah serta kepercayaan yang begitu besar kepada penulis.
11. Teman-teman kos Villa Bambu.
12. Bowo, Joko, Heri, Donie Chan dan semua teman-teman Teknik Elektro UMY yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Namun demikian penulis tetap mengharapkan kritik dan saran agar penulis dapat memperbaiki dan mengembangkan lebih lanjut semoga apa yang penulis sampaikan disini akan bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Penulis

P E R S E M B A H A N

Kupersembahkan karya ku ini kepada :

- *Emak, Bapak, nu teu elat-elatna masehan lambey-na ku do'a sareng panghareupan yen hiji waktu kesang nu ngucur, rasa nyeri sareng cape nu salami ieu karandapan jadi kasolehan sareng bakti paraputrana kanu kawasa sareng ka ibu ramana.*
- *Sadayana raka simkuring (Kang Nana, Kang Maman, Kang Yaya, Ceuceu, Dede, Ujang, Soni jeung Agus). Punten ngecewaken.*
- *keponakan ku tersayang (Yana alm, Jue, Ndotz, Tax dung, Arum Pandini alm, Zulfatiara, Sela, Adimna, Dela "Gehu", Kimplung, Dew2, Ahong, Delia & Adam). Ulah diturutannya....!*
- *Mbul ma keluarga, satu warna yang telah mbul gariskan di pelangi hidupku.*
- *Mega-Pro ku sahabat terbaikku yang selalu menemani ku berbuat baik dan tidak baik, kau lah yang tau sebenarnya aku kawan.*
- *Serpihan tulang rusukku, siapakah kamu dimana kamu berada..?*

HALAMAN MOTO

- *Bangkitlah dari tidurmu, karena di tidur hanya ada mimpi
raihlah mimpimu dihidupmu dengan kakimu untuk cintamu
pada Allaah SWT.*

– Ga tau –

- *Berikan senyumanmu, berkorban untuk cintamu, ulurkan
tanganmu diwaktu yang tepat pada orang yang tepat
dengan ketulusan atas nama Allaah SWT.*

– Ga tau –

- *“Man jadda wa jadda” siapa yang bersungguh-sungguh
pasti akan berhasil*

– hadits –

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN I	ii
HALAMAN PENGESAHAN II	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xxii
DAFTAR ISTILAH	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
A Latar Belakang	1
B Tujuan	3
C Perumusan Masalah	3
D Batasan Masalah	4
E Sistematika Penulisan	4
F Kontribusi	5
G Tinjauan Pustaka	5
BAB II DASAR TEORI	6

A	Teknik Pengendalian	6
1	Pengendali Proporsional (P)	6
2	Pengendali Proporsional-Integral (PI)	7
3	Pengendali Proporsional-Integral-Derivatif (PID)	8
a	Penalaan PID dengan Metode <i>Trial and Error</i>	9
b	Penalaan PID dengan Metode Ziegler-Nichols	10
B	Sistem <i>Fuzzy</i>	12
1	Teori Himpunan <i>Fuzzy</i>	13
2	Operasi-operasi Himpunan	15
3	Fungsi Keanggotaan	16
a	Fungsi Linier	16
b	Fungsi Segitiga	17
c	Fungsi Trapesium	28
d	Fungsi <i>Gbellmf</i>	19
e	Fungsi <i>Gaussmf</i>	19
C	Pengendali Berbasis Logika <i>Fuzzy</i>	20
1	Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> (<i>Fuzzy Inference System, FIS</i>)	20
2	Model <i>Fuzzy</i> TSK	22
D	ANFIS	24
1	Arsitektur ANFIS	25
2	Algoritma Pembelajaran ANFIS	28
a	Algoritma Perambatan-Balik	28

b Algoritma Hibrid	32
E ANFIS dalam MATLAB	35
F Sistem Tinggi permukaan cairan	39
BAB III METODOLOGI	43
A Alat dan Bahan Penelitian	43
B Metode Penelitian	43
1 Perancangan Sistem Kendali Tinggi permukaan cairan	44
2 Pemodelan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	47
3 Analisis Data	47
BAB IV HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN	49
A Karakteristik Sistem Tinggi permukaan cairan.....	49
1 Kondisi Kalang Terbuka	50
2 Kondisi Kalang Tertutup	50
B Pengendalian Sistem Tinggi permukaan cairan Menggunakan	
Pengendali Konvensional	51
1 Pengendali PID Metode Ziegler Nichols	51
2 Pengendali PID Metode <i>Trial and Error</i>	57
a Pengendali Proporsional Metode <i>Trial and Error</i>	57
b Pengendali Proporsional dan Integral Metode <i>Trial and</i>	
<i>Error</i>	58
c Pengendali Proporsional, Integral dan Derivatif Metode	
<i>Trial and Error</i>	59

C Sistem Kendali Tinggi permukaan cairan Menggunakan	
pengendali ANFIS	60
1 Penalaan PID Metode Ziegler Nichols.....	62
a Pengendali ANFIS Metode Hibrid dengan Fungsi	
Keanggotaan <i>gbell</i>	62
1) Metode Hibrid dengan Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	
menggunakan <i>epoch</i> 250.....	62
2) Metode Hibrid dengan Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	
menggunakan <i>epoch</i> 500.....	64
b Pengendali ANFIS Metode Hibrid dengan Fungsi	
Keanggotaan <i>gauss</i>	65
c Pengendali ANFIS Metode Perambatan Balik dengan	
Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	67
d Pengendali ANFIS Metode Perambatan Balik dengan	
Fungsi Keanggotaan <i>gauss</i>	69
2 Pealaan PID Metode <i>Trial and Error</i>	71
a Pengendali ANFIS Metode Hibrid dengan Fungsi	
Keanggotaan <i>gbell</i>	71
1) Metode Hibrid dengan Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	
menggunakan <i>epoch</i> 250.....	71
2) Metode Hibrid dengan Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	
menggunakan <i>epoch</i>	73

b	Pengendali ANFIS Metode Hibrid dengan Fungsi Keanggotaan <i>gauss</i>	75
c	Pengendali ANFIS Metode Perambatan Balik dengan Fungsi Keanggotaan <i>gbell</i>	76
d	Pengendali ANFIS Metode Perambatan Balik dengan Fungsi Keanggotaan <i>gauss</i>	78
D	Penerapan Hasil Kendali Terbaik Sistem Tinggi Permukaan Cairan Pada Sistem Yang Berbeda	80
1	Sistem Berbeda dengan Orde yang Sama	80
2	Sistem Berbeda dengan Orde yang Lebih Tinggi	82
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	87
A	Kesimpulan	87
B	Saran	88
DAFTAR	PUSTAKA	89
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Diagram blok pengendali proporsional	7
Gambar 2.2 : Diagram blok pengendali proporsional-integral	7
Gambar 2.3 : Diagram blok pengendali PID	8
Gambar 2.4 : Sistem kalang tertutup dengan alat pengendali Proporsional (K_p) .	10
Gambar 2.5 : Tanggapan fungsi undak dari sistem yang terkendali	10
Gambar 2.6 : Sistem kalang terbuka	11
Gambar 2.7 : Tanggapan undak dari sistem terkendali	12
Gambar 2.8 : Himpunan <i>fuzzy</i>	14
Gambar 2.9 : Representasi fungsi linier naik	17
Gambar 2.10 : Representasi fungsi linier turun	17
Gambar 2.11 : Fungsi segitiga	18
Gambar 2.12 : Fungsi trapesium	19
Gambar 2.13 : Grafik fungsi <i>gbellmf</i>	19
Gambar 2.14 : Karakteristik fungsional kurva <i>gaussmf</i>	20
Gambar 2.15 : Diagram blok sistem inferensi <i>fuzzy</i> (FIS)	21
Gambar 2.16 : Model <i>Fuzzy</i> Sugeno	23
Gambar 2.17 : Perbandingan antara aturan-aturan <i>fuzzy</i> dan non- <i>fuzzy</i>	24
Gambar 2.18 : Arsitektur ANFIS model Sugeno orde satu dengan dua masukan dan dua aturan	26
Gambar 2.19 : Sistem Tinggi Permukaan Cairan	40
Gambar 3.1 : <i>Flowchart</i> tahapan metodologi penelitian.....	44

Gambar 3.2 : Pengumpulan data pelatihan ANFIS	46
Gambar 3.3 : Proses pelatihan ANFIS	46
Gambar 3.4 : Proses pemakaian pengendali ANFIS	47
Gambar 4.1 : Diagram blok sistem tinggi permukaan cairan dengan masukan fungsi undak pada kondisi kalang terbuka.....	50
Gambar 4.2 : Tanggapan keluaran sistem tinggi permukaan cairan terhadap fungsi undak pada kondisi kalang terbuka	50
Gambar 4.3 : Diagram blok sistem tinggi permukaan cairan dengan masukan fungsi undak pada kondisi kalang tertutup	50
Gambar 4.4 : Tanggapan keluaran sistem tinggi permukaan cairan terhadap fungsi undak pada kondisi kalang tertutup	51
Gambar 4.5 : Kurva untuk menentukan parameter PID Ziegler-Nichols metode <i>transient respons</i>	52
Gambar 4.6 : Diagram blok sistem tinggi permukaan cairan dengan pengendali PID metode Ziegler-Nichlos	56
Gambar 4.7 : Hasil pengendalian sistem tinggi permukaan cairan menggunakan pengendali PID dengan metode penalaan Ziegler-Nichols	56
Gambar 4.8 : Diagram blok sistem temperatur dengan pengendali Proporsional metode <i>trial and error</i>	57
Gambar 4.9 : Hasil pengendalian sistem tinggi permukaan cairan menggunakan pengendali proporsional metode <i>trial and error</i>	56

Gambar 4.10 : Diagram blok sistem temperatur dengan pengendali proporsional dan integral metode <i>trial and error</i>	58
Gambar 4.11 : Hasil pengendalian sistem tinggi permukaan cairan menggunakan pengendali proporsional dan integral metode <i>trial and error</i>	58
Gambar 4.12 :Diagram blok sistem tinggi permukaan cairan dengan pengendali PID metode <i>trial and error</i>	59
Gambar 4.13 : Hasil pengendalian sistem tinggi permukaan cairan menggunakan pengendali PID metode <i>trial and error</i>	59
Gambar 4.14 : Diagram blok sistem tinggi permukaan cairan dengan pengendali ANFIS	61
Gambar 4.15 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	62
Gambar 4.16 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols.....	63
Gambar 4.17:Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	63
Gambar 4.18 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	64

Gambar 4.19 : Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	64
Gambar 4.20:Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	65
Gambar 4.21 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	66
Gambar 4.22 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols.....	66
Gambar 4.23:Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	67
Gambar 4.24 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols ..	68
Gambar 4.25 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols...	68

Gambar 4.26:Hasil pengendalian ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	69
Gambar 4.27 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols ..	69
Gambar 4.28 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols...	70
Gambar 4.29:Hasil pengendalian ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode Ziegler-Nichols	70
Gambar 4.30 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	72
Gambar 4.31 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	72
Gambar 4.32:Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	73

Gambar 4.33: <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	73
Gambar 4.34 : Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	74
Gambar 4.35: Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 500 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	74
Gambar 4.36: <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	75
Gambar 4.37 : Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	75
Gambar 4.38: Hasil pengendalian ANFIS metode hibrid, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	76
Gambar 4.39: <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	77

Gambar 4.40 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	77
Gambar 4.41:Hasil pengendalian ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gbell</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	77
Gambar 4.42 : <i>Error</i> pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	78
Gambar 4.43 :Hasil pelatihan pengendali ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	79
Gambar 4.44:Hasil pengendalian ANFIS metode perambatan balik, 5 fungsi keanggotaan <i>Gauss</i> , 5000 data pelatihan dengan 250 <i>epoch</i> penalaan PID metode <i>trial and error</i>	79
Gambar 4.45 : Diagram blok pengendalian dengan orde yang sama	81
Gambar 4.46:Hasil pengendalian menggunakan parameter PID metode <i>PID trial and error</i>	81
Gambar 4.47:Hasil pengendalian menggunakan ANFIS	82
Gambar 4.45 : Diagram blok pengendalian dengan orde lebih tinggi pertama	82
Gambar 4.46:Hasil pengendalian menggunakan parameter PID metode <i>PID trial and error</i>	83

Gambar 4.47:Hasil pengendalian menggunakan ANFIS	83
Gambar 4.45 : Diagram blok pengendalian dengan orde lebih tinggi kedua	84
Gambar 4.46:Hasil pengendalian menggunakan parameter PID metode PID <i>trial and error</i>	84
Gambar 4.47:Hasil pengendalian menggunakan ANFIS	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Efek dari perubahan parameter (K_p , K_d , dan K_i)	9
Tabel 2.2 : Nilai parameter Ziegler-Nichols metode penguatan K_{cr}	11
Tabel 2.3 : Nilai dari parameter K_p , T_i dan T_d menggunakan metode Ziegler-Nichols	12
Tabel 4.1 : Nilai parameter K_p , T_i dan T_d Ziegler-Nichols dengan metode <i>transient response</i>	56
Tabel 4.2 : Perbandingan beberapa tipe pengendali konvensional	60
Tabel 4.3 : Hasil <i>error</i> pada beberap jumlah data pelatihan	61
Tabel 4.4 : Perbandingan hasil pengendalian	71
Tabel 4.5 : Perbandingan hasil pengendalian	80
Tabel 4.6 : Perbandingan hasil pengendalian	85

DAFTAR ISTILAH

ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) adalah Sistem inferensi logika fuzzy yang di implementasikan pada suatu jaringan adaptif.

Antecedent adalah Parameter premis.

Artificial intelligence adalah Metode berbasis kecerdasan buatan.

Backpropagation adalah Metode pelatihan perambatan-balik.

Closed Loop adalah Sistem kalang tertutup.

Consequent adalah Parameter konsekuensi.

Crisp adalah Masukan dan keluaran yang tegas.

Data base adalah Basis data.

Epoch adalah Pengulangan iterasi.

Error adalah Hasil kesalahan pada pelatihan data.

Firing Strenght adalah Kuat penyulutan.

Gaussmf adalah Fungsi keanggotaan jenis gaussian.

Gbellmf adalah Fungsi keanggotaan jenis bel.

Generalized Bell Function adalah Fungsi bel umum.

Gradient Descent adalah Penurunan gradien.

GUI adalah Graphical User Inetrface.

Hybrid adalah Metode pelatihan hibrid.

Membership Function adalah Fungsi keanggotaan.

Open Loop adalah Sitem kalang terbuka.

Ordiner adalah Himpunan biasa.

Overshoot adalah Lonjakan pada tanggapan respon.

PID adalah pengendali Proportional, Integral dan Derivative.

Plant adalah Alat yang dikendalikan.

Reasoning Fuzzy adalah Penalaran Fuzzy.

Rule Base adalah Basis aturan/Dasar aturan.

Steady State adalah Kondisi tunak pada tanggapan respon.

Step Function adalah Fungsi undak.

Time Rise adalah Waktu bangkit pada tanggapan respon.

Trial and Error adalah Metode penalaan PID dengan cara mencoba-coba nilai dari tiap-tiap parameter.

Weighted average adalah Perataan terbobot.

Weighted sum adalah Jumlahan terbobot.

Ziegler-Nichols adalah Metode penalaan PID dengan cara menentukan nilai-nilai parameter K_p , K_i , K_d yang ditentukan oleh kurva keluaran dari sistem kalang terbuka.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. <i>Graphical User Interface</i> (GUI) Pelatihan ANFIS Untuk Pengendalian Sistem Tinggi Permukaan Cairan	I-1
Gambar LI.1. Pelatihan (a) dan hasil pelatihan (b) pengendalian sistem tinggi permukaan cairan dengan data pelatihan PID Ziegler Nichols 50, fungsi <i>gbellmf</i> berjumlah 5, dan 250 epoch dengan metode perambatan balik (<i>error</i> = 0,00345)	I-1
Gambar LI.2. Pelatihan (a) dan hasil pelatihan (b) pengendalian sistem tinggi permukaan cairan dengan data pelatihan PID Ziegler Nichols data pelatihan 50, fungsi <i>gbellmf</i> berjumlah 5, dan 500 epoch dengan metode perambatan balik (<i>error</i> =0,0034424).....	I-2
Gambar LI.3. Pelatihan (a) dan hasil pelatihan (b) pengendalian sistem tinggi permukaan cairan dengan data pelatihan PID <i>triall and error</i> data pelatihan 50, fungsi <i>gbellmf</i> berjumlah 5, dan 250 epoch dengan metode hibrid (<i>error</i> = 0,0044334).....	I-3
Gambar LI.4. Pelatihan (a) dan hasil pelatihan (b) pengendalian sistem tinggi permukaan cairan dengan data pelatihan PID <i>triall and error</i> 50, fungsi <i>gbellmf</i> berjumlah 5, dan 500 epoch dengan metode hibrid (<i>error</i> = 0,0044249)	I-4

Lampiran II. Tampilan Hasil Pengamatan Sistem Temperatur menggunakan Pengendalian ANFIS	II-1
Penalaan PID metode <i>trial and error</i> , jenis fungsi keanggotaan <i>gbellmf</i> , metode hibrid	II-1
Penalaan PID metode <i>trial and error</i> , jenis fungsi keanggotaan <i>gbellmf</i> , metode perambatan-balik	II-3
Penalaan PID metode <i>trial and error</i> , jenis fungsi keanggotaan <i>gaussmf</i> , metode hibrid	II-5
Penalaan PID metode <i>trial and error</i> , jenis fungsi keanggotaan <i>gaussmf</i> , metode perambatan balik	II-7
Penalaan PID metode Ziegler-Nichols, jenis fungsi keanggotaan <i>gbellmf</i> , metode hibrid	II-9
Penalaan PID metode Ziegler-Nichols, jenis fungsi keanggotaan <i>gbellmf</i> , metode perambatan balik	II-11
Penalaan PID metode Ziegler-Nichols, jenis fungsi keanggotaan <i>gaussmf</i> , metode hibrid	II-13
Penalaan PID metode Ziegler-Nichols, jenis fungsi keanggotaan <i>gaussmf</i> , metode perambatan balik	II-15

Lampiran III. Contoh <i>Command GUI (Graphical User Interface)</i> Matlab ..	III-1
--	-------