

LAPORAN TUGAS AKHIR

OPTIMASI KENDALI PID DENGAN MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA SISTEM KENDALI SUHU HEAT EXCHANGER

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)



Disusun oleh :

Nama : Andry Yovi Saputra
NIM : 41420120021
Pembimbing : Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**OPTIMASI KENDALI PID DENGAN MENGGUNAKAN METODE
ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM (ANFIS) PADA
SISTEM KENDALI SUHU HEAT EXCHANGER**



Disusun oleh :

Nama : Andry Yovi Saputra
NIM : 41420120021
Program Studi : Teknik Elektro

UNIVERSITAS
Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir
MERCU BUANA

(Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM.)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST. M.Sc)

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Andry Yovi Saputra
NIM : 41420120021
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Optimasi Kendali PID dengan Menggunakan Metode
Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)
Pada Sistem Kendali Suhu Heat Exchanger

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi yang saya buat ini merupakan hasil karya saya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

MERCU BUANA

Penulis,



(Andry Yovi Saputra)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan anugerah, kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Optimasi Kendali PID dengan Menggunakan Metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)* Pada Sistem Kendali Suhu *Heat Exchanger*” dengan baik.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST. M.Sc, selaku Koordinator Tugas Akhir, Universitas Mercu Buana
3. Bapak Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM., selaku Dosen Pembimbing yang telah mendampingi dan memberikan arahan serta masukan kepada penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini
4. Seluruh Dosen Teknik Elektro Universitas Mercu Buana atas ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
5. Ibu penulis Ibu Sri Mulyaningsih, terima kasih atas segala doa dan dukungannya. Untuk keluarga penulis, Kakek, Om dan Tante terima kasih atas doa dan dukungannya.
6. Seluruh *team Department Maintenance, Control and Instrument* PT. Merak Energi Indonesia
7. Teman kuliah seperjuangan penulis, Dodo, Erwan, dan Ricky terima kasih atas bantuannya. Serta, Farid terima kasih untuk semua bantuannya selama perkuliahan. Semoga Allah membalas kebaikan kalian.
8. Saudara Bintang dan Bimantara, terima kasih atas ide dan bantuannya. Dan juga semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas

masukan dan waktu untuk memberi penulis masukan dalam proses penyelesaian dan penulisan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu penulis mohon maaf atas segala kekurangan tersebut dan membuka diri untuk menerima saran dan kritik serta masukan bagi diri penulis.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, institusi Pendidikan dan masyarakat luas.

Jakarta, Januari 2023

Penulis,

(Andry Yovi Saputra)



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 Literatur Review	6
2.2 Dasar Teori	12
2.2.1 Heat Exchanger	12
2.2.2 Struktur Kendali PID	13
2.2.2.1 Kendali Proporsional	14
2.2.2.2 Kendali Proporsional Derivatif.....	14

2.2.2.3	Kendali Proporsional Integral	16
2.2.2.4	Kendali PID	17
2.2.3	Sistem <i>Fuzzy</i>	17
2.2.3.1	Fuzifikasi	18
2.2.3.2	Inference Fuzzy	18
2.2.3.3	Defuzifikasi	19
2.2.4	<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN.....		23
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	23
3.2	Perancangan dan Pemodelan <i>Heat Exchanger</i>	24
3.2.1	Perancangan Fuzzy-PID Controller	26
3.2.1.1	Evaluasi Aturan Fuzzy-PID.....	38
3.2.2	Perancangan ANFIS-PID <i>Controller</i>	41
3.2.2.1	Fuzifikasi ANFIS-PID.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Pengujian Sistem	50
4.2	Analisa	51
BAB V PENUTUP.....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		xiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alur proses heat exchanger shell and tube.....	12
Gambar 2.2 <i>Diagram Block</i> Kendali Proporsional	14
Gambar 2.3 <i>Diagram Block</i> Kendali Proporsional Derivatif.....	15
Gambar 2.4 <i>Diagram Block</i> Kendali Proporsional Integral.....	16
Gambar 2.5 <i>Diagram Block</i> Kendali PID	17
Gambar 2.6 Sistem <i>Fuzzy</i>	18
Gambar 2.7 Arsitektur ANFIS	20
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i>	23
Gambar 3.2 Diagram Struktur <i>Heat Exchanger</i>	25
Gambar 3.3 Diagram Blok <i>Heat Exchanger</i>	25
Gambar 3.4 Diagram Blok Fuzzy-PID.....	26
Gambar 3.5 Diagram Blok Simulink Fuzzy-PID.....	27
Gambar 3.6 Desain Fuzzy Logic Mamdani	27
Gambar 3.7 Grafik representasi linear <i>error</i>	29
Gambar 3.8 Grafik representasi linear <i>d_error</i>	31
Gambar 3.9 Grafik representasi linear K_p	33
Gambar 3.10 Grafik representasi linear K_i	35
Gambar 3.11 Grafik representasi linear K_d	37
Gambar 3.12 Tampilan <i>surface</i> aturan K_p	40
Gambar 3.13 Tampilan <i>surface</i> aturan K_i	41
Gambar 3.14 Tampilan <i>surface</i> aturan K_d	41
Gambar 3.15 Diagram Blok ANFIS-PID pada Simulink.....	42
Gambar 3.15 : Fuzifikasi K_p (a) Membership Function <i>error</i> K_p (b) Membership Function <i>d_error</i> K_p	43

Gambar 3.16 : Fuzifikasi Ki (a) Membership Function error Ki (b) Membership Function d_error Ki.....	45
Gambar 3.17 : Fuzifikasi Kd (a) Membership Function error Kd (b) Membership Function d_error Kd.....	47
Gambar 4.1 Diagram Blok <i>Heat Exchanger</i> pada Simulink.....	50
Gambar 4.2 Grafik Respon Fuzzy-PID	51
Gambar 4.3 Grafik Respon ANFIS-PID	52
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Respon Fuzzy dan ANFIS	53
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Respon PID, Fuzzy dan ANFIS.....	53



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Rangkuman Penelitian	8
Tabel 3.1 Fungsi Transfer <i>Steam Drum</i>	26
Tabel 3.2 Variabel <i>Input Fuzzy</i>	28
Tabel 3.3 Nilai linguistic <i>error</i>	28
Tabel 3.4 Nilai linguistik <i>d_error</i>	30
Tabel 3.5 Variabel <i>Output Fuzzy</i>	32
Tabel 3.6 Nilai linguistik <i>Kp</i>	33
Tabel 3.7 Nilai linguistik <i>Ki</i>	35
Tabel 3.8 Nilai linguistik <i>Kd</i>	36
Tabel 3.9 Perancangan aturan fuzzy keluaran <i>Kp</i>	39
Tabel 3.10 Perancangan aturan fuzzy keluaran <i>Ki</i>	39
Tabel 3.11 Perancangan aturan fuzzy keluaran <i>Kd</i>	39
Tabel 3.12 ANFIS Inference/Rule firing of <i>Kp</i>	44
Tabel 3.13 ANFIS Inference/Rule firing of <i>Ki</i>	46
Tabel 3.13 ANFIS Inference/Rule firing of <i>Kd</i>	48

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Kendali Proposional.....	14
Persamaan 2.2 Fungsi Transfer Sistem Integrator Ganda.....	15
Persamaan 2.3 Fungsi Transfer Proposional Kc	15
Persamaan 2.4 Polynominal	15
Persamaan 2.5 Fungsi Alih Laplace Kendali PD.....	15
Persamaan 2.6 Kendali Proposional Derivatif.....	15
Persamaan 2.7 Jumlah Fungsi Proposional dan Tindakan Integral	16
Persamaan 2.8 Fungsi Alih Laplace Kendali PI	16
Persamaan 2.9 Fungsi Transfer Proposional Integral	16
Persamaan 2.10 Jumlah keluaran Ketiga Suku P, I, D.....	17
Persamaan 2.11 Fungsi Alih Laplace Kendali PID.....	17
Persamaan 2.12 Fungsi Matematis Layer Pertama ANFIS.....	20
Persamaan 2.13 Fungsi Matematis Fungsi Keanggotaan.....	21
Persamaan 2.14 Fungsi Matematis Layer Kedua ANFIS	21
Persamaan 2.15 Fungsi Matematis Layer Ketiga ANFIS	21
Persamaan 2.16 Fungsi Matematis Layer Keempat ANFIS	21
Persamaan 2.17 Fungsi Matematis Layer Kelima ANFIS.....	21
Persamaan 2.18 Fungsi Matematis Tingkat Ukuran Kesalahan ANFIS	21
Persamaan 2.19 Fungsi Matematis Penjumlahan Tingkat Ukuran ANFIS.....	21
Persamaan 2.20 Fungsi Matematis α Parameter dari Jaringan Adaptif	21
Persamaan 2.21 Fungsi Matematis Derivatif Tingkat Ukuran Kesalahan E.....	21
Persamaan 2.22 Fungsi Matematis Pembaruan untuk Parameter Umum α	21
Persamaan 2.23 Fungsi Matematis Derajat Pembelajaran	21

Persamaan 3.1 Membership Function Input error.....	29
Persamaan 3.2 Membership Function Input d_error	31
Persamaan 3.3 Membership Function Output Variabel K_p	33
Persamaan 3.4 Membership Function Output Variabel K_i	35
Persamaan 3.5 Membership Function Output Variabel K_d	37
Persamaan 3.6 Membership Function ANFIS error dan d_error K_p	44
Persamaan 3.7 Persamaan Matematis ANFIS Fuzifikasi K_p	45
Persamaan 3.8 Membership Function ANFIS error dan d_error K_i	46
Persamaan 3.9 Persamaan Matematis ANFIS Fuzifikasi K_i	47
Persamaan 3.10 Membership Function ANFIS error dan d_error K_d	48
Persamaan 3.11 Persamaan Matematis ANFIS Fuzifikasi K_d	49

