

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### PERBANDINGAN PERFORMASI METODE FUZZY-PID DAN *TYREUS* *LUYBEN* PADA KONTROLER PENGATUR SUHU PLANT HEAT EXCHANGER MENGGUNAKAN SIMULINK

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



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Miftah Shoffan Muwaffaq

NIM : 41420120064

Pembimbing : Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MERCU BUANA**  
**JAKARTA**  
**2022**

## LAPORAN TUGAS AKHIR

### PERBANDINGAN PERFORMASI METODE FUZZY-PID DAN *TYREUS LUYBEN* PADA KONTROLER PENGATUR SUHU PLANT HEAT EXCHANGER MENGGUNAKAN SIMULINK

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



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun Oleh :

Nama : Miftah Shoffan Muwaffaq

NIM : 41420120064

Pembimbing : Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA**

**2022**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERBANDINGAN PERFORMASI METODE FUZZY-PID DAN  
TYREUS LUYBEN PADA KONTROLER PENGATUR SUHU PLANT  
HEAT EXCHANGER MENGGUNAKAN SIMULINK**



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

Disusun Oleh :

Nama : Miftah Shoffan Muwaffaq

NIM : 41420120064

Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir

  
UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**  
(Galang Persada Nurani Hakim, S.T., M.T., IPM.)

Kaprodi Teknik Elektro

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

Koordinator Tugas Akhir

(Ketty Siti Salamah, S.T., M.T.)

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Miftah Shoffan Muwaffaq

NIM : 41420120064

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Perbandingan Performasi Metode Fuzzy-Pid Dan Tyreus Luyben Pada Kontroler Pengatur Suhu Plant Heat Exchanger Menggunakan Simulink

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.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Penulis.  
  
Miftah Shoffan Muwaffaq

METERAL TEMPEL  
00252AJX90253866

## 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 “Perbandingan Performasi Metode Fuzzy-Pid Dan Tyreus Luyben Pada Kontroler Pengatur Suhu Plant Heat Exchanger Menggunakan Simulink” 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 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.
3. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST. M.Sc, selaku Koordinator Tugas Akhir, Universitas Mercu Buana.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana, yang selama ini telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
5. Orang tua penulis Bapak Mukhsin Dwi Mulyono dan Ibu So'idah yang selalu memberikan doa, motivasi, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
6. Teman-teman seperjuangan di Jurusan Teknik Elektro 2021 angkatan 38 Universitas Mercu Buana yang telah mendukung dan memberikan motivasi kepada penulis.
7. 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, 17 Juni 2022

Penulis

**(Miftah Shoffan Muwaffaq)**



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	<b>6</b>
2.1. Tinjauan Pustaka .....	6
2.2. Heat Exchanger .....	9
2.2.1. Shell and Tube .....	10
2.2.2. Prinsip Kerja Heat Exchanger.....	12
2.3. PID.....	14
2.3.1. Kontrol Proportional (P) .....	16
2.3.2. Kontrol Integral (I).....	16
2.3.3. Kontrol Derivatif.....	16
2.3.4. Metode Tuning Tyreus Luyben.....	17
2.4. Fuzzy Logic .....	18

2.4.1.	Himpunan fuzzy.....	20
2.4.2.	Fuzzifikasi.....	20
2.4.3.	Inferencing ( <i>rule base</i> ).....	23
2.4.4.	Defuzzifikasi.....	24
2.5.	Fuzzy-PID .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1.	Perancangan Penelitian.....	27
3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	28
3.3.	Perancangan dan Pemodelan Heat Exchanger .....	29
3.4.	Perancangan PID Kontroler menggunakan Tyreus Luyben.....	31
3.5.	Perancangan Fuzzy-PID Kontroler .....	34
3.5.1.	Fuzzifikasi.....	36
3.5.2.	Evaluasi Aturan.....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>52</b>
4.1.	Pengujian sistem.....	52
4.2.	Hasil Performasi Sistem Tanpa Kontroler.....	53
4.3.	Hasil Performasi Sistem Kontroler PID Tyreus Luyben.....	54
4.4.	Hasil Performasi Sistem Kontroler Fuzzy-PID .....	55
4.5.	Hasil Performasi Sistem Tanpa Kontroler Dengan Gangguan.....	56
4.6.	Hasil Performasi Sistem Kontroler PID Tyreus Luyben Dengan Gangguan.....	57
4.7.	Hasil Performasi Sistem Kontroler Fuzzy-PID Dengan Gangguan .....	58
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>61</b>
5.1.	Kesimpulan.....	61
5.2.	Saran.....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>66</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alur proses hear exchanger shell and tube.....	10
Gambar 2. 2 Konstruksi shell and tube heat exchanger .....	11
Gambar 2. 3 Dimensi shell and tube heat exchanger .....	11
Gambar 2. 4 Parallel Flow dan Counter Flow.....	14
Gambar 2. 5 Struktur kontrol PID.....	15
Gambar 2. 6 Struktur dasar pengendali fuzzy .....	19
Gambar 2. 7 Representasi linear naik .....	21
Gambar 2. 8 Representase linear turun .....	22
Gambar 2. 9 Representasi kurva segitiga.....	22
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	29
Gambar 3. 2 Diagram struktur heat exchanger .....	30
Gambar 3. 3 Diagram alir metode Tyreus Luyben .....	32
Gambar 3. 4 Diagram blok sistem kontrol P.....	32
Gambar 3. 5 Osilasi Konsisten.....	33
Gambar 3. 6 Diagram blok sistem kontrol PID pada Simulink .....	34
Gambar 3. 7 Diagram alir metode Fuzzy-PID .....	34
Gambar 3. 8 Diagram blok Fuzzy-PID Kontroler.....	35
Gambar 3. 9 Diagram blok Fuzzy-PID Kontroler pada Simulink .....	35
Gambar 3. 10 Desain Fuzzy Logic Mamdani .....	36
Gambar 3. 11 Grafik representasi linear error .....	38
Gambar 3. 12 Grafik representasi linear d_error .....	40
Gambar 3. 13 Grafik representasi linear Kp .....	43
Gambar 3. 14 Grafik representasi linear Ki .....	45
Gambar 3. 15 Grafik representasi linear Kd .....	47
Gambar 3. 16 Tampilan surface aturan Kp .....	50
Gambar 3. 17 Tampilan surface aturan Kp .....	51
Gambar 3. 18 Tampilan surface aturan Kd .....	51
Gambar 4. 1 Diagram blok pengujian sistem heat exchanger pada simulink .....	53

Gambar 4. 2 Grafik Respon Tanpa Kontroler.....	54
Gambar 4. 3 Grafik Respon Kontroler PID Tyreus Luyben.....	55
Gambar 4. 4 Grafik Respon Kontroler Fuzzy-PID .....	56
Gambar 4. 5 Grafik Respon Tanpa Kontroler Dengan Gangguan.....	57
Gambar 4. 6 Grafik Respon Kontroler PID Tyreus Luyben Dengan Gangguan ..	58
Gambar 4. 7 Grafik Respon Kontroler Fuzzy-PID .....	59
Gambar 4. 8 Grafik Respon dari seluruh uji coba.....	60



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan pustaka penelitian terkait .....	8
Tabel 3. 1 Parameter proses data heat exchanger .....	30
Tabel 3. 2 Transfer fungsi heat exchanger .....	31
Tabel 3. 3 Variabel Input Fuzzy .....	37
Tabel 3. 4 Nilai linguistik error .....	37
Tabel 3. 5 Nilai linguistik d_error .....	39
Tabel 3. 6 Variabel Output Fuzzy .....	41
Tabel 3. 7 Nilai linguistik Kp .....	42
Tabel 3. 8 Nilai linguistik Ki .....	44
Tabel 3. 9 Nilai linguistik Kd .....	46
Tabel 3. 10 Perancangan aturan fuzzy keluaran Kp .....	49
Tabel 3. 11 Perancangan aturan fuzzy keluaran Ki .....	49
Tabel 3. 12 Perancangan aturan fuzzy keluaran Kd .....	49

## DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2.1) Jarak Baffle .....	12
Persamaan (2.2) Fungsi alih PID .....	15
Persamaan (2.3) Rumus Ki .....	18
Persamaan (2.4) Rumus Kd.....	18
Persamaan (2.5) Fungsi keanggotaan linear naik.....	21
Persamaan (2.6) Fungsi keanggotaan linear turun .....	22
Persamaan (2.7) Fungsi keanggotaan segitiga .....	23
Persamaan (2.8) Metode inferensi Max .....	23
Persamaan (2.9) Metode inferensi Additive.....	24
Persamaan (2.10) Metode inferensi Probabilistic OR.....	24
Persamaan (2.11) Metode defuzzifikasi Centroid variabel kontinyu.....	25
Persamaan (2.12) Metode defuzzifikasi Centroid variabel diskret .....	25
Persamaan (2.13) Metode defuzzifikasi Bisektor .....	25
Persamaan (3.1) Transfer fungsi plant .....	31
Persamaan (3.2) Fungsi keanggotaan NB error .....	38
Persamaan (3.3) Fungsi keanggotaan NM error .....	38
Persamaan (3.4) Fungsi keanggotaan NS error.....	38
Persamaan (3.5) Fungsi keanggotaan ZO error.....	38
Persamaan (3.6) Fungsi keanggotaan PS error .....	39
Persamaan (3.7) Fungsi keanggotaan PM error .....	39
Persamaan (3.8) Fungsi keanggotaan PB error .....	39
Persamaan (3.9) Fungsi keanggotaan NB d_error .....	40
Persamaan (3.10) Fungsi keanggotaan NM d_error .....	40
Persamaan (3.11) Fungsi keanggotaan NS d_error.....	40
Persamaan (3.12) Fungsi keanggotaan ZO d_error.....	41
Persamaan (3.13) Fungsi keanggotaan PS d_error .....	41
Persamaan (3.14) Fungsi keanggotaan PM d_error .....	41
Persamaan (3.15) Fungsi keanggotaan PB d_error .....	41
Persamaan (3.16) Fungsi keanggotaan NB Kp .....	43

Persamaan (3.17) Fungsi keanggotaan NM Kp .....	43
Persamaan (3,18) Fungsi keanggotaan NS Kp.....	43
Persamaan (3.19) Fungsi keanggotaan ZO Kp .....	43
Persamaan (3.20) Fungsi keanggotaan PS Kp .....	44
Persamaan (3.21) Fungsi keanggotaan PM Kp .....	44
Persamaan (3.22) Fungsi keanggotaan PB Kp.....	44
Persamaan (3.23) Fungsi keanggotaan NB Ki .....	45
Persamaan (3.24) Fungsi keanggotaan NM Ki .....	45
Persamaan (3.25) Fungsi keanggotaan NS Ki.....	45
Persamaan (3.26) Fungsi keanggotaan ZO Ki .....	45
Persamaan (3.27) Fungsi keanggotaan PS Ki .....	46
Persamaan (3.28) Fungsi keanggotaan PM Ki.....	46
Persamaan (3.29) Fungsi keanggotaan PB Ki.....	46
Persamaan (3.30) Fungsi keanggotaan NB Kd .....	47
Persamaan (3.31) Fungsi keanggotaan NM Kd .....	47
Persamaan (3.32) Fungsi keanggotaan NS Kd.....	47
Persamaan (3.33) Fungsi keanggotaan ZO Kd .....	47
Persamaan (3.34) Fungsi keanggotaan PS Kd .....	48
Persamaan (3.35) Fungsi keanggotaan PM Kd.....	48
Persamaan (3.36) Fungsi keanggotaan PB Kd.....	48

MERCU BUANA

## DAFTAR SINGKATAN

P	: Proporsional
I	: Integral
D	: Derivatif
Kp	: Gain proporsional
Ki	: Gain integral
Kd	: Gain derivatif
Ku	: Kritikal gain
Pu	: Periode kritis
Ti	: Konstanta integral
Td	: Konstanta derivatif
Tr	: Rise time
Ts	: Settling time
ESS	: Error steady state
PV	: Process variable
SP	: Setpoint
FLC	: Fuzzy logic
NB	: Negative big
NM	: Negative medium
NS	: Negative small
ZO	: Zero
PS	: Positive small
PM	: Positive medium
PB	: Positive big