



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## SISTEM PENGENDALIAN LEVEL DAN ALIRAN AIR PADA MODUL LATIH RT 512 DAN RT 522

Sub Judul:

Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air Menggunakan Metode  
*Cascade Fuzzy-PID* pada Modul Latih RT 512 dan RT 522

SKRIPSI

Farah Fitria Cahya Handoko  
1903431012

PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI KONTROL INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2023



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**SISTEM PENGENDALIAN LEVEL DAN ALIRAN AIR PADA  
MODUL LATIH RT 512 DAN RT 522**

**Sub Judul:**

**Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air Menggunakan Metode  
*Cascade Fuzzy-PID* pada Modul Latih RT 512 dan RT 522**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Terapan**

**Farah Fitria Cahya Handoko**

**1903431012**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI KONTROL INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2023**



## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Farah Fitria Cahya Handoko

NIM : 1903431012

Tanda Tangan :

Tanggal : 12 Juli 2023

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Farah Fitria Cahya Handoko  
NIM : 1903431012  
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri  
Judul Skripsi : Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air Menggunakan Metode *Cascade* Fuzzy-PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada Rabu, 26 Juli 2023 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Dian Figana, S.T., M.T.  
NIP. 198503142015041002

Depok, 14 Agustus 2023

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.

NIP. 197011142008122001

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522” dengan sub judul “Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air Menggunakan Metode *Cascade* Fuzzy-PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522”. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rika Novita S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro PNJ;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri PNJ;
3. Dian Figana, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan Skripsi ini;
4. Orang tua penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Galih Tejo Bowo Laksono, selaku rekan satu tim dalam pelaksanaan penelitian ini yang telah mendukung dan membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini;
6. Sahabat yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 25 Juni 2023

Penulis

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air Menggunakan Metode *Cascade Fuzzy-PID* pada Modul Latih RT 512 dan RT 522

### ABSTRAK

*ATG (Automatic Tank Gauging) merupakan instrumen ukur penting yang banyak digunakan oleh industri untuk mengukur level, suhu, dan massa jenis cairan pada sebuah tangki. Modul Latih RT 512 dan RT 522 memiliki prinsip yang sama dengan ATG. Modul Latih RT 512 dan RT 522 merupakan sistem yang terdiri dari dua buah plant, yaitu plant pengontrol level dan plant pengontrol aliran yang saling terhubung secara hidrolis dengan selang. Sistem ini perlu dijaga kestabilannya agar level dan aliran tetap sesuai dengan set point, maka dibutuhkan kontroler PID (Proportional, Integral, Derivative). Namun pada kenyataannya, kontroler PID tidak cukup untuk menangani gangguan-gangguan yang muncul pada sistem. Oleh karena itu, Cascade Fuzzy-PID didesain untuk memodifikasi parameter PID sesuai dengan kondisi plant. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kontroler Cascade Fuzzy-PID lebih baik dibandingkan dengan kontroler PID dengan parameter  $K_p = 0.4027982619$ ,  $K_i = 0.0149362785$ ,  $K_d = 1.6068885617$  pada loop primer dan  $K_p = 0.086111057$ ,  $K_i = 0.087118051$ , dan  $K_d = 0.9701959691$  pada loop sekunder. Kontroler Cascade Fuzzy-PID mampu mencapai set point dengan respon settling time sebesar 201.868 s, rise time sebesar 88.0 s, delay time sebesar 39.5 s, peak time sebesar 109.5 s, overshoot sebesar 10.0%, dan error steady state sebesar 2.5%. Sedangkan kontroler PID mampu mencapai set point dengan respon settling time sebesar 722.464 s, rise time sebesar 271.5 s, delay time sebesar 127.5 s, peak time sebesar 391.0 s, overshoot sebesar 5.0%, dan error steady state sebesar 2.5%.*

*Kata Kunci: Modul Latih RT 512, Modul Latih RT 522, Level, Aliran, Cascade Fuzzy-PID*

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Water Level and Flow Control System Using the Cascade Fuzzy-PID Method on  
RT 512 and RT 522 Trainer Modules

**ABSTRACT**

ATG (Automatic Tank Gauging) is an important measuring instrument that is widely used by industry to measure level, temperature, and density of liquid in a tank. The RT 512 and RT 522 Trainer Modules have the same principle as the ATG. The RT 512 and RT 522 Trainer Modules are a system consisting of two plants, a level control plant and a flow control plant which are hydraulically connected to each other with hoses. This system needs to be kept stable so that the level and flow remain in accordance with the set point, it is necessary PID controller (Proportional, Integral, Derivative) is needed. But in reality, the PID controller is not enough to handle the disturbances that appear on the system. Therefore, Cascade Fuzzy-PID is designed to modify PID parameters according to plant conditions. The test results show that the Cascade Fuzzy-PID controller is better than the PID controller with parameters  $K_p = 0.4027982619$ ,  $K_i = 0.0149362785$ ,  $K_d = 1.6068885617$  in the primary loop and  $K_p = 0.086111057$ ,  $K_i = 0.087118051$ , and  $K_d = 0.9701959691$  in the secondary loop. The Cascade Fuzzy-PID controller is able to reach the set point with a settling time of 201.868 s, a rise time of 88.0 s, a delay time of 39.5 s, a peak time of 109.5 s, an overshoot of 10.0%, and steady state error of 2.5%. Meanwhile, the PID controller was able to reach the set point with a settling time of 722.464 s, a rise time of 271.5 s, a delay time of 127.5 s, a peak time of 391.0 s, an overshoot of 5.0%, and steady state error of 2.5%.

**Keywords:** RT 512 Trainer Module, RT 522 Trainer Module, Level, Flow, Cascade Fuzzy-PID

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Luaran.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. <i>State of The Art</i> Penelitian.....	4
2.2. Sistem Pengendalian .....	5
2.2.1. Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka ( <i>Open Loop</i> ) .....	6
2.2.2. Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup ( <i>Close Loop</i> ).....	6
2.3. Modul Latih RT 512 dan RT 522 .....	6
2.4. <i>Level Transmitter</i> .....	7
2.5. Sensor Aliran Elektromagnetik .....	8
2.6. Rotameter .....	9
2.7. <i>Control Valve</i> .....	10
2.8. Pompa <i>Submersible</i> .....	11
2.9. <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC).....	11
2.10. Kendali PID ( <i>Proportional Integral Derivative</i> ) .....	12
2.10.1. Perancangan Sistem Pengendalian .....	14
2.10.2. <i>First Order Plus Dead Time</i> (FOPDT) .....	14
2.10.3. <i>Process Reaction Curve</i> (PRC) .....	14
2.10.4. Metode Cohen-Coon .....	16
2.11. <i>Fuzzy Logic Controller</i> (FLC) dengan Metode Mamdani .....	17
2.11.1. Tahap-Tahap Sistem Kendali Fuzzy .....	17
2.11.2. Fungsi Keanggotaan ( <i>Membership Function</i> ) .....	18
2.12. Metode Kontrol Fuzzy-PID.....	20
2.13. Metode Kontrol <i>Cascade</i> .....	22
2.14. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz.....	22
2.15. MATLAB .....	23
2.16. OPC ( <i>OLE for Process Control</i> ).....	24
<b>BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI .....</b>	<b>25</b>
3.1. Perancangan Alat.....	25
3.1.1. Deskripsi Alat.....	25
3.1.2. Cara Kerja Alat.....	26

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1.3. Spesifikasi Alat.....	28
3.1.4. Spesifikasi <i>Software</i> .....	30
3.1.5. Diagram Blok Alat .....	30
3.1.6. Skematik Rangkaian.....	33
3.1.7. <i>Flowchart</i> Sistem.....	34
3.2. Realisasi Alat.....	35
3.2.1. Gambar Alat .....	36
3.2.2. <i>Scaling</i> .....	36
3.2.3. Kontrol PID .....	37
3.2.4. Membuat <i>Membership Function Input dan Output</i> .....	37
3.2.5. Pembuatan Kaidah Aturan Fuzzy ( <i>Rule Base</i> ).....	41
3.2.6. Pengujian Simulasi <i>Rules Fuzzy</i> .....	43
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>44</b>
4.1. Pengujian dengan Metode Kontrol PID .....	44
4.1.1. Deskripsi Pengujian.....	44
4.1.2. Daftar Peralatan .....	44
4.1.3. Prosedur Pengujian.....	45
4.1.4. Data Uji Fungsi Sensor Level.....	46
4.1.5. Data Uji Fungsi Sensor Aliran .....	48
4.1.6. Data Uji Fungsi <i>Control Valve</i> .....	50
4.1.7. Pengambilan Data Pengujian <i>Open Loop</i> .....	52
4.1.8. Pemodelan Matematika .....	54
4.1.9. Perancangan Kontrol PID.....	56
4.1.10. Pengujian Respon PID pada Simulink MATLAB.....	58
4.1.11. Pengujian Respon PID pada Sistem .....	59
4.1.12. Analisis Kestabilan Sistem Metode PID Cohen-Coon menggunakan Routh Hurwitz.....	60
4.2. Pengujian dengan Metode Kontrol <i>Cascade Fuzzy-PID</i> .....	62
4.2.1. Deskripsi Pengujian.....	62
4.2.2. Prosedur Pengujian.....	63
4.2.3. Perancangan Kontrol <i>Cascade Fuzzy-PID</i> .....	63
4.2.4. Pengujian Respon <i>Loop Primer dan Sekunder</i> pada Simulink MATLAB .....	85
4.2.5. Pengujian Respon <i>Loop Primer dan Sekunder</i> pada Sistem.....	87
4.2.6. Pengujian Respon <i>Cascade Fuzzy-PID</i> pada Simulink MATLAB.....	90
4.2.7. Pengujian Respon <i>Cascade Fuzzy-PID</i> pada Sistem .....	90
4.2.8. Analisis Respon <i>Cascade Fuzzy-PID</i> terhadap <i>Disturbance</i> .....	92
4.2.9. Analisis Perbandingan Metode Kontrol PID dan Metode Kontrol <i>Cascade Fuzzy-PID</i> terhadap Respon Sistem .....	96
4.2.10. Analisis Kestabilan Sistem Metode <i>Cascade Fuzzy-PID</i> menggunakan Routh Hurwitz.....	97
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>101</b>
5.1. Simpulan.....	101
5.2. Saran.....	102
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>103</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xv</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Kendali <i>Open Loop</i> .....	6
Gambar 2.2. Sistem Kendali <i>Close Loop</i> .....	6
Gambar 2.3. P&ID Modul Latih RT 512 dan RT 522 .....	7
Gambar 2.4. Sensor Tekanan .....	8
Gambar 2.5. Sensor Aliran Elektromagnetik .....	9
Gambar 2.6. Rotameter .....	10
Gambar 2.7. <i>Control Valve</i> .....	10
Gambar 2.8. Pompa <i>Submersible</i> .....	11
Gambar 2.9. <i>Controller M221 16 IO Relay Ethernet</i> .....	12
Gambar 2.10. Diagram Blok <i>PID Controller</i> .....	13
Gambar 2.11. <i>Process Reaction Curve</i> .....	15
Gambar 2.12. Ilustrasi Kurva <i>S Shaped Tuning</i> Metode Cohen-Coon .....	17
Gambar 2.13. Kurva Singleton.....	18
Gambar 2.14. Kurva Segitiga.....	19
Gambar 2.15. Kurva Trapesium.....	19
Gambar 2.16. Diagram Blok Kontrol Fuzzy-PID .....	20
Gambar 2.17. Diagram Blok Kontrol <i>Cascade</i> .....	22
Gambar 2.18. <i>Software</i> MATLAB.....	24
Gambar 2.19. <i>Software</i> KEPServerEX .....	24
Gambar 3.1. Desain Alat.....	26
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat.....	27
Gambar 3.3. Diagram Blok Sistem .....	30
Gambar 3.4. Diagram Blok Kontrol <i>Cascade</i> Fuzzy-PID .....	32
Gambar 3.5. Skematik Rangkaian Modul Kontroler .....	33
Gambar 3.6. <i>Flowchart</i> Sistem dengan Metode Kontrol <i>Cascade</i> Fuzzy-PID.....	34
Gambar 3.7. Gambar Alat .....	36
Gambar 3.8. Modul PLC.....	36
Gambar 3.9. <i>Membership Function Input Error</i> .....	38
Gambar 3.10. <i>Membership Function Input dError</i> .....	38
Gambar 3.11. <i>Membership Function Output <math>K_{PF}</math></i> .....	39
Gambar 3.12. <i>Membership Function Output <math>K_{IF}</math></i> .....	40
Gambar 3.13. <i>Membership Function Output <math>K_{DF}</math></i> .....	40
Gambar 3.14. <i>Rules</i> pada <i>Software</i> MATLAB 2016 .....	42
Gambar 3.15. Hasil Simulasi <i>Output</i> Menggunakan <i>Software</i> MATLAB 2016 ..	43
Gambar 4.1. Grafik Hasil Pengujian Sensor Level .....	47
Gambar 4.2. Grafik Hasil Pengujian Sensor Aliran .....	50
Gambar 4.3. Grafik Hasil Pengujian <i>Control Valve</i> .....	52
Gambar 4.4. Blok Diagram <i>Open Loop</i> Simulink pada MATLAB .....	53
Gambar 4.5. Grafik Pengujian <i>Open Loop</i> pada Level.....	53
Gambar 4.6. Blok Diagram Simulasi MATLAB untuk Nilai <b><math>Gp(s)</math></b> .....	55
Gambar 4.7. Grafik <i>Output <math>Gp(s)</math></i> Hasil Simulasi MATLAB .....	56
Gambar 4.8. Diagram Blok Pengujian Simulasi MATLAB dengan Metode Cohen-Coon .....	58
Gambar 4.9. Grafik Respon Sistem dengan Metode Cohen-Coon pada Simulasi MATLAB ( $T=500s$ ).....	58

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.10. Diagram Blok Pengujian pada Sistem menggunakan MATLAB 2016.....	59
Gambar 4.11. Grafik Respon Sistem dengan Metode Cohen-Coon pada Modul Latih .....	59
Gambar 4.12. Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	61
Gambar 4.13. Derajat Keanggotaan <i>Error</i> .....	64
Gambar 4.14. Derajat Keanggotaan <i>dError</i> .....	65
Gambar 4.15. <i>Output K<sub>PF</sub></i> Berdasarkan Operator Fuzzy .....	71
Gambar 4.16. <i>Output K<sub>IF</sub></i> Berdasarkan Operator Fuzzy.....	72
Gambar 4.17. <i>Output K<sub>DF</sub></i> Berdasarkan Operator Fuzzy.....	73
Gambar 4.18. <i>Output K<sub>PF</sub></i> Terbagi Menjadi Beberapa Bagian.....	74
Gambar 4.19. <i>Output K<sub>IF</sub></i> Terbagi Menjadi Beberapa Bagian .....	75
Gambar 4.20. <i>Output K<sub>DF</sub></i> Terbagi Menjadi Beberapa Bagian .....	76
Gambar 4.21. Blok Diagram <i>Open Loop</i> Simulink pada MATLAB .....	80
Gambar 4.22. Grafik Pengujian <i>Open Loop</i> pada <i>Loop</i> Sekunder.....	81
Gambar 4.23. Blok Diagram Simulasi MATLAB untuk Nilai <b><i>Gp(s)</i></b> .....	82
Gambar 4.24. Grafik <i>Output Gp(s)</i> Hasil Simulasi MATLAB .....	83
Gambar 4.25. Diagram Blok Pengujian Simulasi MATLAB dengan Metode Fuzzy-PID .....	85
Gambar 4.26. Grafik Respon Sistem dengan Metode Fuzzy-PID pada Simulasi MATLAB (T=500s).....	85
Gambar 4.27. Diagram Blok Pengujian Simulasi MATLAB dengan Metode Cohen-Coon .....	86
Gambar 4.28. Grafik Respon Sistem dengan Metode Cohen-Coon pada Simulasi MATLAB (T=100s).....	86
Gambar 4.29. Diagram Blok Pengujian pada Sistem menggunakan MATLAB 2016.....	87
Gambar 4.30. Grafik Respon Sistem dengan Metode Fuzzy-PID pada Modul Latih .....	87
Gambar 4.31. Diagram Blok Pengujian pada Sistem menggunakan MATLAB 2016.....	88
Gambar 4.32. Grafik Respon Sistem dengan Metode Cohen-Coon pada Modul Latih .....	88
Gambar 4.33. Optimalisasi Grafik Respon Sistem dengan Metode Cohen-Coon pada Modul Latih .....	89
Gambar 4.34. Diagram Blok Pengujian Simulasi MATLAB dengan Metode <i>Cascade</i> Fuzzy-PID .....	90
Gambar 4.35. Grafik Respon Sistem dengan Metode <i>Cascade</i> Fuzzy-PID pada Simulasi MATLAB (T=500s).....	90
Gambar 4.36. Diagram Blok Pengujian pada Sistem menggunakan MATLAB 2016.....	91
Gambar 4.37. Grafik Respon Sistem dengan Metode <i>Cascade</i> Fuzzy-PID pada Modul Latih.....	91
Gambar 4.38 Pengaturan <i>Valve Disturbance</i> Sebesar 30° .....	92
Gambar 4.39 Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> Fuzzy-PID dengan <i>Disturbance</i> Sebesar 30° .....	93
Gambar 4.40 Pengaturan <i>Valve Disturbance</i> Sebesar 45° .....	93



Gambar 4.41 Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> Fuzzy-PID dengan <i>Disturbance</i> Sebesar $45^\circ$ .....	94
Gambar 4.42 Pengaturan <i>Valve Disturbance</i> Sebesar $50^\circ$ .....	94
Gambar 4.43 Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> Fuzzy-PID dengan <i>Disturbance</i> Sebesar $50^\circ$ .....	95
Gambar 4.44. Grafik Perbandingan <i>Output</i> PID dengan <i>Cascade</i> Fuzzy-PID .....	96
Gambar 4.45. Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	98
Gambar 4.46. Diagram Blok <i>Open Loop</i> .....	100



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Sensor Tekanan .....	8
Tabel 2.2. Spesifikasi Sensor Aliran Elektromagnetik .....	9
Tabel 2.3. Spesifikasi Rotameter .....	10
Tabel 2.4. Spesifikasi <i>Control Valve</i> .....	11
Tabel 2.5. Spesifikasi Pompa <i>Submersible</i> .....	11
Tabel 2.6. Tanggapan Sistem Kontrol PID terhadap Perubahan Parameter .....	13
Tabel 2.7. Aturan <i>Tuning</i> PID Metode Cohen-Coon .....	16
Tabel 2.8. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz.....	23
Tabel 3.1. Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan .....	28
Tabel 3.2. Lanjutan Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan .....	29
Tabel 3.3. Lanjutan Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan .....	30
Tabel 3.4. <i>Fuzzy Rules</i> $K_{PF}$ .....	41
Tabel 3.5. <i>Fuzzy Rules</i> $K_{IF}$ .....	42
Tabel 3.6. <i>Fuzzy Rules</i> $K_{DF}$ .....	42
Tabel 4.1. Daftar Alat dan Bahan.....	44
Tabel 4.2. Lanjutan Daftar Alat dan Bahan .....	45
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Level .....	46
Tabel 4.4. Lanjutan Hasil Pengujian Sensor Level .....	47
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sensor Aliran .....	48
Tabel 4.6. Lanjutan Hasil Pengujian Sensor Aliran .....	49
Tabel 4.7. Hasil Pengujian <i>Control Valve</i> .....	51
Tabel 4.8. Aturan <i>Tuning</i> PID Metode Cohen-Coon .....	56
Tabel 4.9. Hasil <i>Tuning</i> PID dengan Metode Cohen-Coon .....	58
Tabel 4.10. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz .....	62
Tabel 4.11. Data Hasil Pengujian Level.....	64
Tabel 4.12. Aturan <i>Tuning</i> PID Metode Cohen-Coon.....	83
Tabel 4.13. Hasil <i>Tuning</i> PID pada <i>Loop</i> Primer dan Sekunder .....	85
Tabel 4.14. Hasil Optimalisasi <i>Tuning</i> PID pada <i>Loop</i> Sekunder .....	89
Tabel 4.15. Respon Transien terhadap <i>Disturbance</i> .....	95
Tabel 4.16. Perbandingan Respon Transien.....	97
Tabel 4.17. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz pada <i>Loop</i> Primer.....	98
Tabel 4.18. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz pada <i>Loop</i> Sekunder.....	100

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup.....	xv
Lampiran 2. Modul Latih RT 512.....	xvi
Lampiran 3. Modul Latih RT 522.....	xvi
Lampiran 4. Spesifikasi Modul Latih RT 512.....	xvii
Lampiran 5. Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 512.....	xviii
Lampiran 6. Spesifikasi Modul Latih RT 522.....	xix
Lampiran 7. Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 522.....	xx
Lampiran 8. Skematik Rangkaian Modul Kontroler.....	xxi
Lampiran 9. Program <i>Scaling</i> PLC.....	xxii
Lampiran 10. <i>I/O Table</i> PLC.....	xxiii
Lampiran 11. Diagram Blok Kontroler Fuzzy-PID.....	xxiv
Lampiran 12. <i>Valve Disturbance</i> untuk Respon Optimal.....	xxv

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

*Automatic Tank Gauging* (ATG) merupakan salah satu alat ukur ketinggian cairan dalam tangki, baik tangki *crude oil* maupun tangki produk dengan menggunakan sistem digital atau bekerja secara otomatis dan terus-menerus yang kemudian dihitung secara otomatis sehingga menjadi sebuah data yang akan dikirim ke *control room* (Agustha et al., 2021). ATG dapat memberikan informasi level secara langsung dalam satuan ukur panjang. Selain itu, ATG dapat memberikan semua informasi penting tentang keadaan tangki seperti volume fluida di dalam tangki, suhu di dalam tangki dan *alarm* peringatan level tangki saat permukaan fluida *LOW* dan *HIGH* (Sulistyo & Akbar, 2015). Sistem pada ATG memiliki prinsip yang sama dengan Modul Latih RT 512 dan RT 522. Modul Latih RT 512 berfungsi mengendalikan level air dan Modul Latih RT 522 berfungsi mengendalikan aliran air.

Penelitian terkait Modul Latih RT 512 dan Modul Latih RT 522 pernah dilakukan oleh Ramadhani Islamiyah dengan judul “Sistem Kontrol Level dan Aliran Air Menggunakan Metode PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522”. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Ramadhani Islamiyah, digunakan metode PID Cohen-Coon yang diintegrasikan dengan *software* MATLAB guna mengoptimalkan sistem kontrol yang ada pada Modul Latih RT 512 dan RT 522. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil parameter PID yang telah dihitung adalah  $K_p = 0.06831153$ ,  $K_i = 0.0492862$ , dan  $K_d = 0,15781704$ . Dengan parameter tersebut, respon transien mampu mencapai *rise time* ( $t_r$ ) = 4.134 detik, *settling time* ( $t_s$ ) = 28.090 detik, *dead time* ( $t_d$ ) = 2.809 detik, dan *overshoot* = 10.556% (Islamiyah, 2021).

Penelitian berikutnya dilakukan oleh Dwi Arkin Pritandi, Joko Susila, dan Eka Iskandar pada tahun 2016 dengan judul “Perancangan Kontroler PID-Fuzzy untuk Sistem Pengaturan *Cascade Level* dan *Flow* pada *Basic Process Rig 38-100*”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengontrol variabel proses

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

aliran dan level yang dilakukan dengan menggunakan metode kontrol *Cascade Fuzzy-PID*. Dengan menggunakan metode kontrol *Cascade Fuzzy-PID* gangguan yang terjadi pada sistem dapat berkurang. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai RSME sebesar 16.85 dengan menggunakan metode kontrol *Cascade PID-Fuzzy*, dan RSME sebesar 16.91 dengan menggunakan metode kontrol *Cascade PID* (Pritandi, 2016).

Berdasarkan pemaparan di atas, penelitian dengan menggunakan metode Cohen-Coon memiliki kelemahan yaitu *rise time*, dan *settling time* yang besar. Penelitian dengan menggunakan metode Cohen-Coon diperoleh *rise time* sebesar 4.134 detik, *settling time* sebesar 28.090 detik, dan *overshoot* sebesar 10.556% (Islamiyah, 2021). Performansi yang baik dinilai dari pencapaian *set point*, waktu pencapaian (*response time*) yang cepat, dan kestabilan yang *robust*. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan dari metode Cohen-Coon akan dilakukan penelitian terkait sistem pengendalian level dan aliran air menggunakan metode *Cascade Fuzzy-PID*, karena metode *Fuzzy-PID* memiliki efisiensi yang tinggi (Upaphai et al., 2019), respon waktu cepat dan osilasi teredam sempurna (Mursyitah et al., 2019) dan menggunakan metode *Cascade* agar memperoleh respon yang ideal serta mengurangi gangguan, dengan tujuan meningkatkan akurasi pengendalian, mendapatkan hasil pengendalian yang halus dan menambah sistem keamanan operasi (Ir. Heriyanto, 2010).

Dalam penelitian ini juga menerapkan MISO (*Multi Input Single Output*) menggunakan PLC untuk meminimalisir gangguan pada *manipulated variable* serta menggunakan sensor *level transmitter* tipe *hydrostatic pressure* dan *flow transmitter* tipe *electromagnetic* dengan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) serta menggunakan KEPServerEx 5 sebagai aplikasi *real time* agar hasil respon sistem yang diperoleh lebih nyata. Setelah metode *Cascade Fuzzy-PID* direalisasikan pada Modul Latih RT 512 dan Modul Latih RT 522, diharapkan mampu menunjukkan perilaku sistem kontrol proses secara visual maupun secara analisis untuk beberapa kondisi parameter yang berbeda.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## 1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat di penelitian ini disajikan dalam beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana menentukan kestabilan level dan laju aliran air yang keluar dari tangki pada nilai *steady state* Modul Latih RT 512 dan RT 522?
2. Bagaimana menentukan metode *Cascade Fuzzy-PID* pada pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

- a. Melakukan penelitian terhadap sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522.
- b. Menerapkan metode kontrol *Cascade Fuzzy-PID* untuk sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini adalah:

- a. Penggabungan 2 Modul Latih yang akan mengendalikan level dan *flow* secara bersamaan dengan menggunakan metode *Cascade Fuzzy-PID*.
- b. Batas maksimum ketinggian pada tangki level air adalah 61 cm dan batas *flow rate* maksimum pada aliran air adalah 600 L/h.
- c. Aktuator yang dikontrol adalah *control valve* dengan *range* persentase bukaan katup sebesar 0% - 100%.

## 1.5. Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini yaitu:

- a. Laporan tugas akhir dan jurnal ilmiah yang menyediakan informasi akurat dan inovatif dalam hal sistem pengendalian level dan aliran air.
- b. Penerapan dan analisis metode *Cascade Fuzzy-PID* pada Modul Latih RT 512 dan RT 522 yang ditulis dalam laporan tugas akhir.

## BAB V PENUTUP

### 5.1. Simpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisis yang sudah dilakukan, diantaranya:

1. Perancangan sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522 dengan kontrol PID dan *Cascade* Fuzzy-PID memenuhi kondisi *set point*. Sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522 merupakan sistem yang stabil dengan menggunakan analisis kestabilan Routh Hurwitz.
2. Dengan menggunakan metode *Cascade* Fuzzy-PID pada sistem didapatkan parameter PID  $K_p = 0.4027982619$ ,  $K_i = 0.0149362785$ ,  $K_d = 1.6068885617$  pada *loop* primer dan  $K_p = 0.086111057$ ,  $K_i = 0.087118051$ ,  $K_d = 0.9701959691$  pada *loop* sekunder. Kontroler *Cascade* Fuzzy-PID dapat memberikan respon transien yang lebih baik dibandingkan kontroler PID dalam hal kecepatan untuk mencapai kestabilan. Dengan nilai *settling time* untuk metode *Cascade* Fuzzy-PID sebesar 201.868 detik sedangkan untuk metode PID sebesar 722.464 detik. Nilai *rise time* untuk metode *Cascade* Fuzzy-PID sebesar 88.0 detik sedangkan untuk metode PID sebesar 271.5 detik. Nilai *delay time* untuk metode *Cascade* Fuzzy-PID sebesar 39.5 detik sedangkan untuk metode PID sebesar 127.5 detik. Nilai *peak time* untuk metode *Cascade* Fuzzy-PID juga lebih kecil yakni sebesar 109.5 detik sedangkan untuk metode PID sebesar 391.0 detik.
3. Berdasarkan respon *Cascade* Fuzzy-PID terhadap *disturbance* diperoleh hasil yang berbeda-beda dari setiap perubahan *disturbance*. Jika derajat *valve disturbance* yang diatur lebih dari 35° maka respon akan semakin cepat, namun *overshoot* yang dihasilkan akan semakin besar. Sedangkan jika derajat *valve disturbance* yang diatur kurang dari 35° maka respon tidak akan mencapai *set point* sehingga *Error Steady State* (ESS) yang dihasilkan pada sistem menjadi besar.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## 5.2. Saran

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat meningkatkan dan membuat sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522 menjadi lebih baik, diantaranya:

1. Aktuator yang digunakan sebaiknya bersifat linear seperti *pneumatic control valve* sehingga respon yang dihasilkan membentuk garis lurus dan diperoleh hasil respon transien yang lebih cepat. Pada sistem ini, aktuator yang digunakan yaitu *motorized valve*. *Motorized valve* pada sistem ini memiliki prinsip kerja yakni ketika *actuator stem* memanjang, *actuator stem* akan mendorong *plug stem* katup ke bawah. Kemudian ketika *actuator stem* ditarik kembali, *actuator stem* akan pegas balik dan menyebabkan *plug stem* katup untuk mengikuti gerakan *actuator stem*. Dari prinsip kerja tersebut, respon yang dihasilkan pada sistem menjadi lambat karena adanya proses mekanis pada aktuator.
2. Penggunaan pompa *submersible* perlu diperhatikan, karena jika pompa digunakan terlalu lama (dalam kurun waktu lebih dari 4 jam), pompa akan mengalami *overheating* dan penurunan kemampuan pompa untuk memompa air sehingga berpengaruh terhadap respon transien pada sistem. Untuk mengatasi hal tersebut, dalam penelitian selanjutnya dapat ditambahkan wadah atau sistem pendingin yang dapat menjaga sirkulasi air sehingga pompa dapat digunakan lebih dari 4 jam.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## DAFTAR PUSTAKA

- Agustha, D. N., Wardhana, A. S., & Triyanto, R. H. (2021). PRELIMINARY PERANCANGAN METERING SYSTEM PADA PROSES CUSTODY TRANSFER PRODUK LPG DI PT. XYZ, 962–972.
- Arifin, F. (2015). *Sistem Kendali Dasar Respon Waktu Dan Respon Frekuensi*.
- Ashari, A. B. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Metode Field Orientation Control (FOC) Berbasis Fuzzy-PID. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Atina. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28.
- Bagenda, D. N., Basjaruddin, N. C., Hong, T. S., Rakhman, E., Putro, T. Y., & Sudarsa, Y. (2021). *PENERAPAN SCADA DAN IOT MENGGUNAKAN PLC SEBAGAI KONTROL MOTOR AC UNTUK PEMBELAJARAN PRAKTIKUM SMK*.
- Burns, R. S. (2001). *Advanced Control Engineering. Advanced Control Engineering*.
- Chairi, R., Hidayanti, F., & Kusuma, I. (2017). Perancangan Sistem Kendali Cascade pada Deaerator Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). *Jurnal Ilmiah Giga*, 20(1), 22.
- Dr.G.Saravanakumar, S, D., S, P., P, S., & M, S. (2017). Controller Tuning Method for Non-Linear Conical Tank System. *Emerging Trends in Engineering, Science and Technology for Society, Energy and Environment - Proceedings of the International Conference in Emerging Trends in Engineering, Science and Technology, ICETEST 2018*, 1(2), 575–582.
- Efendi, Y. (2019). Desain dan Verifikasi Kontrol Cascade Pengendali Suhu Berbasis Fuzzy-PID dan PI pada Heat Exchanger. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 5(1.1), 107.
- Faradisa, S., & Wanarti Rusimanto, P. (2020). Perancangan Kontroler PID Dengan Metode Tuning Cohen-Coon Untuk Kendali Suhu Pada Inkubator Bayi Berbasis Labview 2014. *Teknik Elektro*, 9(2), 293–301.
- Firza, M., Perdana, A., Kholis, N., & Suprianto, B. (2019). *Simulasi Sistem Monitor Ketinggian Air Pada Bendungan Air Dengan Fuzzy-PID Menggunakan Matlab*. 56–62.
- Hamdani, C. N., Azizy, A., Triyanto, R. H., & Wardana, H. K. (2022). Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Bertingkat Menggunakan Fuzzy-Pid Berbasis Arduino. *Transmisi*, 24(3), 98–105.
- Ir. HERIYANTO, M. T. P. (2010). Pengendalian Proses. *Proses Pengendalian Kimia*.
- Islamiyah, R. (2021). Sistem Kontrol Level dan Aliran Air Menggunakan Metode PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522. *Paper Knowledge . Toward a*

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Media History of Documents, Agustus, 49–58.*

- Ismail, I., & Susanto, E. (2015). Implementasi Logika Fuzzy Dan Kalman Filter Untuk Kendali Lengan Robot Menggunakan Gestur Tangan Manusia Implementation Of Fuzzy Logic And Kalman Filter For Robotic. *E-Proceeding of Engineering*, 2(3), 7019–7027.
- Ivens, G. P. (1983). Chemical Process Dynamics and Controls. *The Chemical Engineering Journal*, 27(2).
- J.Boxhammer, D.-I. (2017). *Experiment Instructions FLOW Control Trainer*. 1–122.
- J.Boxhammer, D.-I. (2018). *Experiment Instructions Level Control Trainer*. 1–124.
- Joseph, E., & O, O. O. (2017). Cohen-coon PID Tuning Method; A Better Option to Ziegler Nichols-PID Tuning Method. *International Journal of Recent Engineering Research and Development (IJRERD)*.
- Khochasin, N., Trisuwannawat, T., Julsereewong, P., & Julsereewong, A. (2017). Comparative study on cascade control configuration in engineering phase for analog system and FF system. *SII 2016 - 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration*, 10520, 881–886.
- Kurniati, V., Triyanto, D., Rismawan, T., Sistem Komputer, J., & MIPA Universitas Tanjungpura Jl Hadari Nawawi, F. H. (2017). Penerapan Logika Fuzzy Dalam Sistem Prakiraan Cuaca Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 05(2), 119–128.
- Madyanto, T. D., Santoso, I., & Setiawan, I. (2012). *Makalah Seminar Tugas Akhir Pengontrolan Suhu Menggunakan Metode Fuzzy-Pid Pada Model Sistem Hipertermia*. 1–9.
- Mien, T. L. (2019). Liquid Level Control of Coupled-Tank System Using Fuzzy-Pid Controller. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 6(11), 459–464. [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
- Muhamad Ali, M. . (2012). *Modul kuliah sistem kendali terdistribusi ”*. 0–7.
- Muhardian, R., & Krismadinata. (2020). Kendali Kecepatan Motor DC Dengan Kontroller PID dan Antarmuka Visual Basic. *Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional (JTEV)*, 06(01), 328–339.
- Mursyitah, D., Faizal, A., & Ismaredah, E. (2019). Desain Pengendali Fuzzy – Pid Untuk Mengendalikan Posisi Pada Sistem Magnetic Levitation Ball. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 6(2), 61–66.
- Pawar, K. S., Palwe, M. V., Ellath, S. B., & Sondkar, S. Y. (2018). Comparison of Performance of PID Controller and State Feedback Controller for Flow Control Loop. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Computing, Communication Control and Automation, ICCUBEA 2018, August*, 1–5.
- Prasetya, D. O., Zuhrie, M. S., Suprianto, B., & Endryansyah. (2022). *Desain dan Analisis Sistem Suspensi Aktif model Seperempat Kendaraan Dengan Metode*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

*Hybrid PID-Fuzzy*. 343–350.

- Prasetyo, D. A., Notosudjono, D., & Rijadi, B. B. (2021). Rancang Bangun Security Sistem Untuk Mendukung Smarthome Berbasis Programmable Logic Control (PLC). *Jurnal Teknik Universitas Pakuan*, 1–6.
- Pritandi, D. A. P. A. (2016). Perancangan Kontroler PID-Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Cascade Level dan Flow pada Basic Process Rig 38-100. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Priyadharon, A. S. M., Ganesan, R., & Surarapu, P. K. (2015). PLC – HMI Automation Based Cascaded Fuzzy PID for Efficient Energy Management and Storage in Real Time Performance of a Hydro Electric Pumped Storage Power Plant. *Procedia Technology*, 21, 248–255.
- Ramadhanty, A. M. (2021). *MODUL LATIH SISTEM PENGOLAHAN AIR BERBASIS PLC DAN SCADA*.
- Routh ' S Stability Criterion. (2007). 6, 1–6.
- Setiawan, I. (2008). *KONTROL PID UNTUK PROSES INDUSTRI*.
- Sinaga, M. N., Hasibuan, N. A., & Sihite, A. M. H. (2020). Sistem Pakar Diagnosa Kifosis Menerapkan Metode Fuzzy Mamdani.
- Suharti, P. H., Sa'diyah, K., Hernanda, M. R., & Sarida, R. M. (2019). Aplikasi Tuning Metode Cohen-Coon pada Pengendali pH di Tangki Netralisasi, Unit Pengolahan Limbah. *Eksergi*, 16(2), 35.
- Sulistyo, H., & Akbar, F. F. (2015). Prototipe Automatic Tank Gauging Optik untuk Pengukuran Level Fluida Statik. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 6(2), 121.
- Supriyanto, H., Suryatini, F., Martawireja, A. R. H., & Rudiansyah, H. (2022). Implementasi Kontroler Pid Dengan Metode Tuning Ziegler-Nichols Dan Cohen-Coon Pada Sistem Scada Kendali Level Air. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 8(2), 149.
- Sutarna, N., & Purwanti, B. S. R. (2020). Metode Tuning Operating Range Fuzzy PID Controller pada Sistem Orde Tiga. *Jurnal Teknik Elektro*, 12(1), 33–39.
- Upaphai, W., Bunyawanichakul, P., & Janthong, M. (2019). Design of Self-tuning Fuzzy PID Controllers for Position Tracking Control of Autonomous Agricultural Tractor. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 27(1), 263–280.
- Vinsensia, D., & Utami, Y. (2018). Penerapan Fuzzy Inference System (FIS) Metode Mamdani dalam Pemilihan Jurusan Perguruan Tinggi. *Publikasi Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, 2(2), 28–36.
- Yuda, Y. P. (2019). Analisa Pengaruh PID Pada Pengendali Mrac dengan Penambahan Nilai Gamma Pada Sistem Pendingin Jamur Merang Untuk Mengendalikan Temperatur. *Jurusan Teknik Elektro UIN Suska Riau*.



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup

#### DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Farah Fitria Cahya Handoko

Lulus dari SD Al-Basyariah pada tahun 2013, SMP Negeri 2 Cibinong pada tahun 2016, dan SMA Negeri 2 Cibinong pada tahun 2019. Penulis melanjutkan Pendidikan Program Sarjana Terapan (S.Tr) di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2019.

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Modul Latih RT 512



Lampiran 3. Modul Latih RT 522



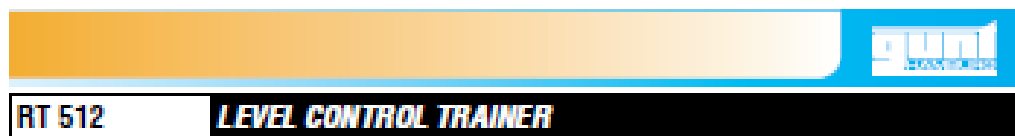
**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## Lampiran 4. Spesifikasi Modul Latih RT 512



<b>6.2</b>	<b>Technical data</b>	
	<b>Dimensions</b>	
	L x B x H:	1000 x 700 x 1750 mm
	Weight:	approx. 124 kg
	<b>Power supply</b>	
	Voltage	230 V
	Frequency	50 Hz
	Phases	1 phase
	Rated output	0,85 kW
	Alternatives optional, see rating plate	
	<b>Noise emission</b>	70 dB(A)
	<b>Water tank</b>	
	Volume	approx. 30 L
	<b>Compressed air supply</b>	3...8 bar
	<b>Submersible pump (manufacturer: Ebara, type: Optima M)</b>	
	Max. flow rate	9000 L/h
	Max. head	7 m
	Power consumption	0,25 kW
	<b>Transparent measuring tank</b>	
	Max. water content	7 L
	Level	0...0,60 m

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



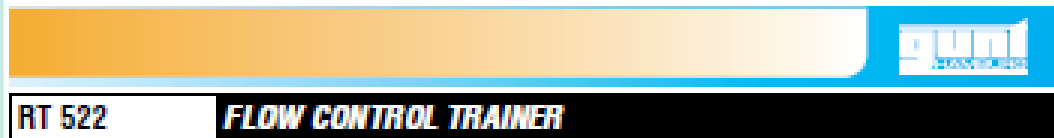
## Lampiran 5. Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 512

RT 512		LEVEL CONTROL TRAINER
<b>Pressure transducer (for level)</b>		
Measuring range		0...100 mbar
Accuracy		±0,15%
	(of the specified measuring range)	
<b>Control valve</b>		
Drive		pneumatic
Characteristic		equal-percentage
Operating air pressure required		2,0 bar
Nominal width		DN 20
Nominal stroke		15 mm
$k_{vs}$		4,0 m <sup>3</sup> /h
<b>Two-channel line recorder</b>		
Connected values		230 V, 50 Hz
Alternatives optional, see rating plate		
Inputs, two channels		4...20 mA
Feed rate, adjustable in steps		10, 20, 60, 120, 300, 600, 1200, 3600 mm/h
<b>Controller</b>		
ABB - Digitronic 500		
Universal compact controller		
Profibus protocol		
Connected values		230 V, 50 Hz
Alternatives optional, see rating plate		
Input for an external set point		4...20 mA
For further information please refer to the manufacturer's operating instructions		

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Lampiran 6. Spesifikasi Modul Latih RT 522



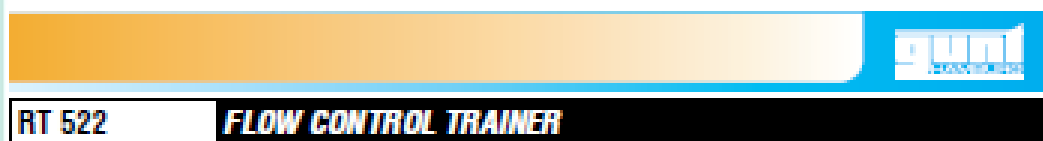
<b>6.2</b>	<b>Technical data</b>	
	<b>Dimensions</b>	
	Length x Width x Height	1010 x 700 x 1750 mm
	Weight	approx. 105 kg
	<b>Power supply</b>	
	Voltage	230 V
	Frequency	50 Hz
	Phases	1 phase
	Nominal consumption (power)	0,6 kW
	Alternatives optional, see rating plate	
	<b>Noise emissions</b>	70 dB(A)
	<b>Water tank</b>	
	Volume	28 L
	<b>Submersible pump (manufacturer: Ebara model: Optima M)</b>	
	Max flow rate	9000 L/h
	Max. head	7 m
	Power consumption	250 W
	<b>Rotameter</b>	
	Measuring range	10...100 %
	100% = 1960 L/h	
	Accuracy class	1,6
	<b>Electromagnetic flow rate sensor</b>	
	Principle	electromagnetic
	Measuring range	0...6000 L/h
	Set measuring range	0...1960 L/h
	Measuring signal output	4...20 mA

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Lampiran 7. Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 522



RT 522

**FLOW CONTROL TRAINER**

Measurement accuracy(up to 600 L/h)	1%
Measurement accuracy(from 600 L/h)	0,5%

**Control valve (with electric drive)**

Manufacturer/Type	Samson / EB 5824
Characteristic	equal-percentage
Valve stroke	5 mm
kvs value	5,7
Position sensor	0...5mm equal to 0...1000 Ohm Useful range 0...800 Ohm

**Two-channel line recorder**

Connected values	230 V, 50 Hz, 1 Ph
Alternatives optional, see rating plate	
Inputs, two channels	4...20 mA
Feed rate, adjustable in steps	10, 20, 60, 120, 300, 600, 1200, 3600 mm/h

**Controller**

ABB - Digitronic 500	
Universal compact controller	
Profibus protocol	
Connected values	230 V, 50 Hz, 1 Ph
Alternatives optional, see rating plate	
Input for an external reference variable	4...20 mA
For further information please refer to the manufacturer's operating instructions	

**Controller configuration for RT 522 with loop 1 and loop 2**

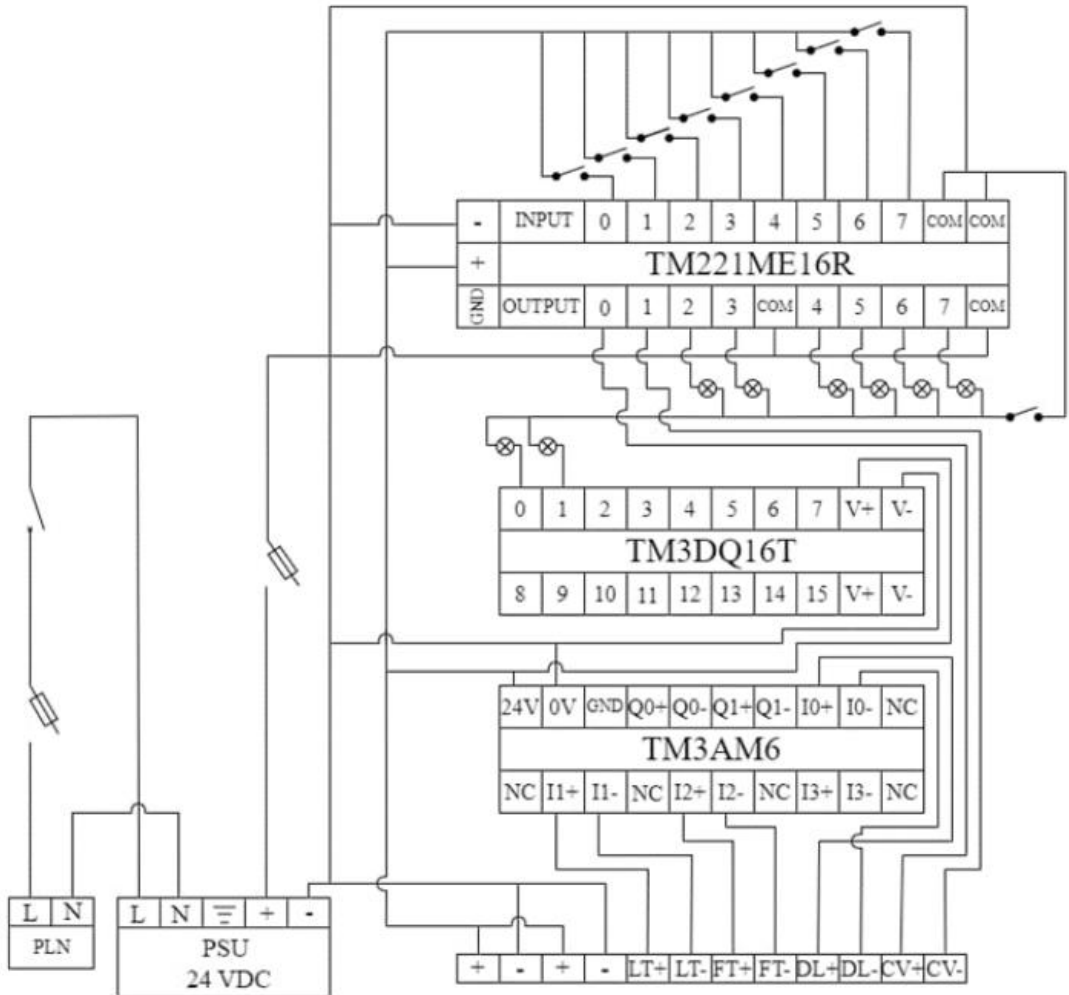
The following copy of the controller configuration refers to the controller configuration supplied by G.U.N.T. for the RT 522 device. This is based on the factory settings by the company ABB with the specific adjustments by G.U.N.T. for the specific application.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 8. Skematik Rangkaian Modul Kontroler



01

SKEMATIK MODUL KONTROLER

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

FARAH FITRIA CAHYA HANDOKO

IKI - 8

26 . 07 . 2023

- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

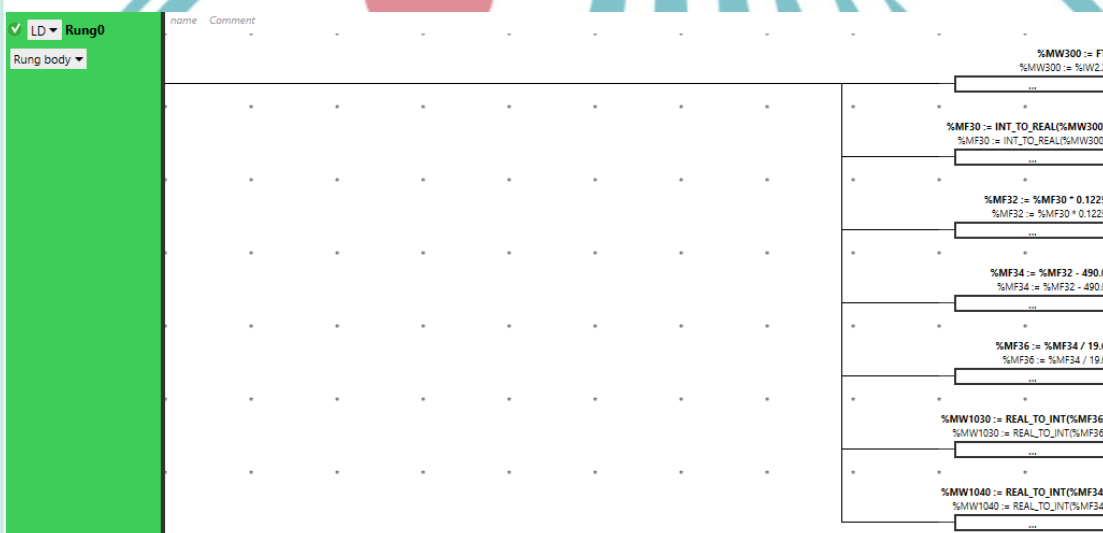


## Lampiran 9. Program Scaling PLC

### Level Transmitter



### Flow Transmitter



### Control Valve



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## Lampiran 10. I/O Table PLC

### PLC TM221ME16R/G

#### Digital inputs

Used	Address	Symbol	Used by	Filtering	Latch	Run/Stop	Event	Priority	Subroutine	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0		Filtering, Use: 3 ms			<input type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1		Filtering, Use: 3 ms			<input type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.5		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Not Used			
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.6		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7		Filtering, Use: 3 ms		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

#### Digital outputs

Used	Address	Symbol	Used by	Status AI...	Fallback value	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.5		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.6		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.7		User logic	<input checked="" type="checkbox"/>	0	

### Modul Digital TM3DQ16T/G

#### Digital outputs

Used	Address	Symbol	Fallback value	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q1.0		0	
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q1.1		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.2		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.3		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.4		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.5		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.6		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.7		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.8		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.9		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.10		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.11		0	
<input type="checkbox"/>	%Q1.12		0	

### Modul Analog TM3AM6/G

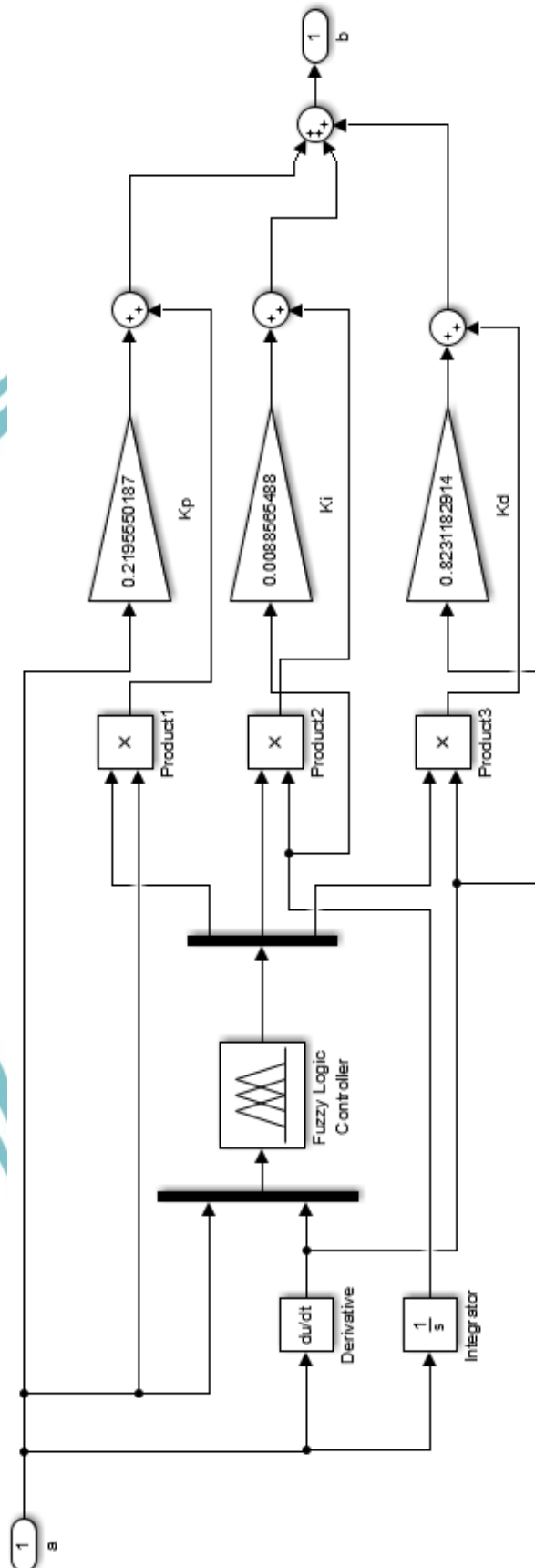
#### Analog inputs

Used	Address	Symbol	Type	Scope	M.	M...	Filter	Filter Unit	Sampling	Units	Comment
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW2.0	CV	4 - 20 mA	Normal	400	2000	35	x 10 ms	1 ms/Channel		
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW2.1	LT	4 - 20 mA	Normal	400	2000	12	x 10 ms	1 ms/Channel		
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW2.2	FT	4 - 20 mA	Normal	400	2000	8	x 10 ms	1 ms/Channel		
<input type="checkbox"/>	%IW2.3		Not used	Not used	0	0	0	x 10 ms	1 ms/Channel		

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11. Diagram Blok Kontroler Fuzzy-PID

**Hak Cipta :**

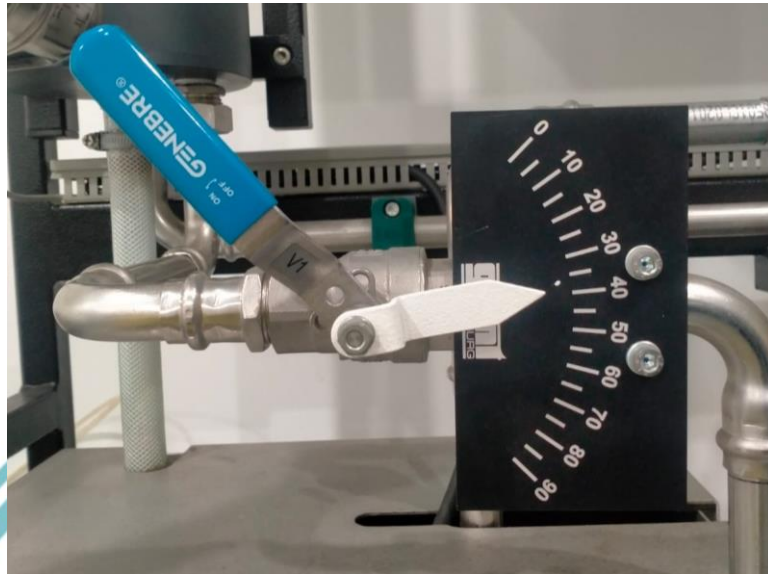
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta





## Lampiran 12. *Valve Disturbance* untuk Respon Optimal



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA