



© 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 PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522

SKRIPSI

POLITEKNIK
NEGERI
Galih Tejo Bowo Laksono
1903431005
JAKARTA

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 PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522**

SKRIPSI

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

Galih Tejo Bowo Laksono

1903431005

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

2023



LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS

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

Nama : Galih Tejo Bowo Laksono

NIM : 1903431005

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 mengemukakan 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

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

Skripsi Diajukan Oleh :
Nama : Galih Tejo Bowo Laksono
NIM : 1903431005
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Tugas Akhir : Sistem Pengendalian Level dan Aliran Air
Menggunakan Metode *Cascade* 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 I :

Dian Figana, S.T., M.T.

NIP. 198503142015041002

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 14 Agustus 2023

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197011142008122001



KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik, Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri. Skripsi ini 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* PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522”. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rika Novita Wardhani, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri;
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 yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
5. Farah Fitria Cahya Handoko, selaku rekan satu tim dalam pelaksanaan penelitian ini yang telah mendukung, membantu, dan memotivasi dalam menyelesaikan laporan Skripsi ini;
6. Sahabat, teman group Next Trip, dan teman KONS yang telah membantu dan menyelesaikan Skripsi ini;

Akhir kata, penulis berharap atas segala bantuan kebaikan dari semua pihak semoga terbalaskan oleh Tuhan Yang Maha Esa. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu Instrumentasi dan Kontrol Industri dalam bidang sistem kontrol di masa yang akan datang.

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 mengemukakan 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* PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522

ABSTRAK

Penelitian ini menggunakan modul latih pengendalian level dan aliran air pada sebuah sistem Modul Latih RT 512 dan RT 522. Modul latih ini digunakan sebagai buku panduan yang memberikan informasi cara menggunakan instrument dari suatu sistem kontrol dan kondisi alat instrument. Pengendalian level dan aliran diperlukan sistem kontrol yang menjaga kestabilan level dan aliran pada set point yang telah ditentukan. Sistem control yang digunakan adalah kontroler PID (Proportional, Integral, Derivative) dengan metode *Cascade* Cohen-Coon. Nilai parameter PID metode tuning Cohen-Coon primer (level) adalah $K_p = 0.2195550187$, $K_i = 0.0088565488$, dan $K_d = 0.8231182914$. Sementara nilai parameter PID yang dihasilkan dari Cohen-Coon sekunder (aliran) adalah $K_p = 0.086111057$, $K_i = 0.087118051$, dan $K_d = 0.9701959691$. Kemudian nilai parameter PID yang didapat dari level dan aliran dijadikan sistem *cascade* dengan set point 40 cm, hasil dari penelitian yang dilakukan dengan nilai respons transien dengan menggunakan single loop didapat nilai rise time(t_r) 271.5 detik, time delay (t_d) 127.5 detik, overshoot 5.0%, settling time(t_s) 722.464 detik dan error steady state (ess) 5%. Sementara nilai respons transien dengan menggunakan *cascade* didapat nilai rise time(t_r) 140.5 detik, time delay (t_d) 75.5 detik, overshoot 17.5%, settling time(t_s) 432.975 detik dan error steady state (ess) 2.5%.

Kata Kunci : Level, Aliran, PID (Proportional, Integral, Derivative), Cohen Coon, *Cascade*

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



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

ABSTRACT

This research uses trainer modules for controlling water level and flow in a system of RT 512 and RT 522 Trainer Modules. This trainer module is used as a guidebook that provides information on how to use the instrument of a control system and the condition of the instrument. Level and flow control requires a control system that maintains the stability of the level and flow at a predetermined set point. The control system used is a PID (Proportional, Integral, Derivative) controller with the Cohen-Coon Cascade method. The PID parameter values of the primary Cohen-Coon tuning method (level) are $K_p = 0.2195550187$, $K_i = 0.0088565488$, and $K_d = 0.8231182914$. While the resulting PID parameter values of the secondary Cohen-Coon (flow) are $K_p = 0.086111057$, $K_i = 0.087118051$, and $K_d = 0.9701959691$. Then the PID parameter values obtained from the level and flow make the cascade system with a set point of 40 cm, the results of the research conducted with the transient response value using a single loop obtained the value of rise time (t_r) 271.5 seconds, time delay (t_d) 127.5 seconds, overshoot 5.0%, settling time (t_s) 722.464 seconds and error steady state 5%. While the value of transient response using cascade obtained the value of rise time (t_r) 140.5 seconds, time delay (t_d) 75.5 seconds, overshoot 17.5%, settling time (t_s) 432.975 seconds and error steady state 2.5%..

Keywords : Level, Flow, PID (Proportional, Integral, Derivative), Cohen-Coon, Cascade

**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



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINILITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>State of The Art</i> Penelitian	5
2.2. Modul Latih RT 512 dan RT 522.....	7
2.3. Sensor Aliran Elektromagnetik	8
2.4. Level Transmitter	9
2.5. Rotameter	10
2.6. Pompa <i>Submersible</i>	11
2.7. <i>Control Valve</i>	11
2.8. Programmable Logic Controller (PLC).....	12
2.9. Sistem Pengendalian.....	13
2.2.1. Sistem Kendali Loop Terbuka (<i>Open Loop</i>).....	13
2.2.2. Sistem Kendali Loop Tertutup (<i>Close Loop</i>).....	13
2.10. Kendali PID (Proportional Integral Derivative).....	14
2.10.1. Perancangan Sistem Pengendalian.....	15
2.10.2. <i>Process Reaction Curve</i> (PRC).....	15
2.10.3. <i>First Order Plus Dead Time</i>	17
2.10.4. Metode Cohen-Coon.....	17
2.11. MATLAB	18
2.12. OPC (OLE for Process Control).....	19
2.13. Metode Kontrol <i>Cascade</i>	19
2.14. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz.....	21
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	22
3.1. Rancangan Alat	22
3.1.1. Deskripsi Alat.....	22
3.1.2. Cara Kerja Alat	23
3.1.3. Spesifikasi Alat	25
3.1.4. Spesifikasi Software.....	27
3.1.5. Diagram Blok Alat.....	27

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

3.2.	Realisasi Alat.....	30
3.2.1.	Gambar Alat.....	30
3.2.2.	<i>Flowchart</i> Sistem.....	31
3.2.3.	Skematik Rangkaian.....	33
3.2.4.	<i>Scaling</i> Sensor.....	34
BAB IV PEMBAHASAN.....		35
4.1.	Pengujian <i>Single Loop</i>	35
4.1.1.	Deskripsi Pengujian.....	35
4.1.2.	Daftar Peralatan.....	35
4.1.3.	Prosedur Pengujian.....	36
4.1.4.	Data Uji Fungsi Sensor Level.....	37
4.1.5.	Data Uji Fungsi Sensor Aliran.....	39
4.1.6.	Data Uji Fungsi <i>Control Valve</i>	42
4.1.7.	Pengambilan Data.....	44
4.1.8.	Pemodelan Matematika dan Perancangan PID <i>Loop</i> Data Aliran ..	47
4.1.9.	Pemodelan Matematika dan Perancangan PID <i>Loop</i> Level.....	51
4.1.10.	Realisasi Perancangan PID <i>Loop</i> Data Aliran.....	55
4.1.11.	Optimalisasi Realisasi Perancangan PID <i>Loop</i> Data Aliran.....	57
4.1.12.	Realisasi Perancangan PID <i>Loop</i> Data Level.....	59
4.2.	Pengujian <i>Cascade</i> PID.....	61
4.2.1.	Deskripsi Pengujian <i>Cascade</i> PID.....	61
4.2.2.	Prosedur Pengujian <i>Cascade</i>	61
4.2.3.	Pengujian Respon <i>Cascade</i> PID dengan Simulink.....	62
4.2.4.	Pengujian Respon <i>Cascade</i> PID dengan Modul Latih.....	63
4.2.5.	Analisis Pengujian Respon <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i>	65
4.2.6.	Perbandingan PID Level dan <i>Cascade</i> PID.....	69
4.2.7.	Analisis Kestabilan Sistem Metode <i>Cascade</i> PID Menggunakan Routh Hurwitz.....	70
BAB V PENUTUP.....		74
5.1	Simpulan.....	74
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		76
LAMPIRAN.....		xiv



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. P&ID Modul Latih RT 512 dan RT 522	7
Gambar 2.2. Sensor Aliran Elektromagnetik	9
Gambar 2.3. Sensor Tekanan	9
Gambar 2.4. Rotameter	10
Gambar 2.5. Pompa <i>Submersible</i>	11
Gambar 2.6. <i>Control Valve</i>	11
Gambar 2.7. <i>Controller M221 16 IO Relay Ethernet</i>	12
Gambar 2.8. Sistem Kendali <i>Loop</i> Terbuka	13
Gambar 2.9. Sistem Kendali <i>Loop</i> Tertutup	13
Gambar 2.10. Diagram Blok <i>PID Controller</i>	14
Gambar 2.11. Diagram Blok <i>PID Controller</i>	16
Gambar 2.12. Ilustrasi Kurva <i>S Shaped Tuning</i> Metode Cohen-Coon	18
Gambar 2.13. <i>Software</i> MATLAB	19
Gambar 2.14. <i>Software</i> KEPServerEX	19
Gambar 2.15. Diagram blok kontrol <i>Cascade</i>	20
Gambar 3.1. Desain Alat	23
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Cara Kerja Alat	24
Gambar 3.3. Diagram Blok Sistem	28
Gambar 3.4. Diagram Blok <i>Feedback</i> Sistem <i>Cascade</i>	29
Gambar 3.5. Gambar Alat Modul Latih RT 512 dan RT 522	31
Gambar 3.6. Gambar Modul PLC Yang Digunakan	31
Gambar 3.7. <i>Flowchart</i> Sistem dengan Metode Kontrol <i>Cascade</i>	32
Gambar 3.8. Skematik Rangkaian Modul Kontroler	34
(Sumber: Dokumen Pribadi)	34
Gambar 4.1. Grafik Diagram Batang Hasil Pengujian Sensor Level	39
Gambar 4.2. Grafik Diagram Batang Hasil Pengujian Sensor Aliran	41
Gambar 4.3. Grafik Diagram Garis Hasil Pengujian <i>Control Valve</i>	44
Gambar 4.4. Blok Diagram <i>Open Loop</i> Simulink <i>Flow</i> Pada Matlab	45
Gambar 4.5. Grafik <i>Open Loop</i> Simulink <i>Flow</i> Pada Matlab	45
Gambar 4.6. Blok Diagram <i>Open Loop</i> Simulink Level Pada Matlab	46
Gambar 4.7. Grafik <i>Open Loop</i> Simulink Level Pada Matlab	46
Gambar 4.8. Desain Blok Diagram Simulasi Nilai Gp(S) <i>Flow</i>	49
Gambar 4.9. Grafik Desain Blok Diagram Simulasi Nilai Gp(S) <i>Flow</i>	49
Gambar 4.10. Blok Diagram <i>Single Loop</i> Simulink Aliran Pada Matlab	50
Gambar 4.11. Grafik <i>Single Loop</i> Simulink Aliran Pada Matlab	51
Gambar 4.12. Desain Blok Diagram Simulasi Nilai Gp(S) Level	53
Gambar 4.13. Grafik Desain Blok Diagram Simulasi Nilai Gp(S) Level	53
Gambar 4.14. Blok Diagram <i>Single Loop</i> Simulink Level Pada Matlab	55
Gambar 4.15. Grafik <i>Single Loop</i> Simulink Level Pada Matlab	55
Gambar 4.16. Grafik <i>Single Loop</i> Aliran Pada Matlab	56
Gambar 4.17. Blok Diagram <i>Single Loop</i> Aliran Pada Matlab	57
Gambar 4.18. Grafik <i>Single Loop</i> Aliran Pada Matlab	58
Gambar 4.19. Blok Diagram <i>Single Loop</i> Level Pada Matlab	59
Gambar 4.20. Grafik <i>Single Loop</i> Level Pada Matlab	60
Gambar 4.21. Blok Diagram Simulink <i>Cascade</i> Pada Matlab	63

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 :

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

Gambar 4.22. Grafik Respon Sistem Simulink <i>Cascade</i> PID Pada Matlab (T = 500s).....	63
Gambar 4.23. Blok Diagram Sistem <i>Cascade</i> PID Pada Matlab.....	64
Gambar 4.24. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID Pada Matlab (T = 1000s).....	64
Gambar 4.25. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 30°.....	66
Gambar 4.26. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 30° (T = 1000s).....	66
Gambar 4.27. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 45°.....	67
Gambar 4.28. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 45° (T = 1000s).....	67
Gambar 4.29. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 50°.....	68
Gambar 4.30. Grafik Respon Sistem <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i> 50° (T = 1000s).....	68
Gambar 4.31. Grafik Respon Sistem PID dan <i>Cascade</i> PID Pada Matlab (T = 1000s).....	69
Gambar 4.32. Blok Diagram <i>Gain Open Loop</i>	71
Gambar 4.33. Blok Diagram <i>Gain Open Loop</i>	73





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Sensor Aliran Elektromagnetik	9
Tabel 2.2. Spesifikasi Sensor Tekanan	10
Tabel 2.3. Spesifikasi Sensor Rotameter.....	10
Tabel 2.4. Spesifikasi Pompa <i>Submersible</i>	11
Tabel 2.5. Spesifikasi <i>Control Valve</i>	12
Tabel 2.6. Tanggapan Sistem Kontrol PID terhadap Perubahan Parameter	15
Tabel 2.7. Aturan <i>Tuning</i> PID Metode Cohen-Coon	18
Tabel 2.8. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz.....	21
Tabel 3.1. Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan.....	25
Tabel 3.2. Lanjutan Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan	26
Tabel 3.3. Lanjutan Spesifikasi Komponen <i>Hardware</i> yang Digunakan	27
Tabel 4.1. Daftar Alat dan Bahan.....	35
Tabel 4.2. Lanjutan Daftar Alat dan Bahan	36
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Sensor Level	38
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sensor Aliran	40
Tabel 4.5. Lanjutan Hasil Pengujian Sensor Aliran.....	41
Tabel 4.6. Hasil Pengujian <i>Control Valve</i>	42
Tabel 4.7. Lanjutan Hasil Pengujian <i>Control Valve</i>	43
Tabel 4.8. Hasil <i>Tunning</i> PID Data Aliran.....	50
Tabel 4.9. Hasil <i>Tunning</i> PID Data Level.....	54
Tabel 4.10. Optimalisasi Hasil <i>Tunning</i> PID Sekunder	58
Tabel 4.11. Analisis Pengujian Respon <i>Cascade</i> PID dengan <i>Disturbance</i>	69
Tabel 4.12. Perbandingan PID Level <i>Singel Loop</i> dan <i>Cascade</i> PID.....	70
Tabel 4.13. Analisis Kestabilan Routh Hurwitz Pada Aliran.....	71

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 – Daftar Riwayat Hidup.....	xiv
Lampiran 2 – Modul Latih RT 512.....	xv
Lampiran 3 – Modul Latih RT 522.....	xv
Lampiran 4 – Spesifikasi Modul Latih RT 512	xvi
Lampiran 5 – Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 512	xvii
Lampiran 6 – Spesifikasi Modul Latih RT 522	xviii
Lampiran 7 – Lanjutan Spesifikasi Modul Latih RT 522	xix
Lampiran 8 – Program <i>Scaling</i> PLC.....	xx
Lampiran 9 – <i>Setting</i> I/O Tabel PLC	xxi
Lampiran 10 – Skematik Rangkaian Modul Kontroler.....	xxii
Lampiran 11 – <i>Valve Disturbance</i> Pada Respon Optimal	xxiii



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



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

Dalam sebuah *instrument* memiliki buku manual atau modul latihan yang menjelaskan bagaimana cara menggunakan *instrument* tersebut. Modul latihan digunakan sebagai buku panduan yang memberikan informasi cara menggunakan *instrument* dari suatu sistem kontrol dan kondisi alat *instrument*. Modul Latihan dibutuhkan agar mahasiswa dapat mengetahui apakah sistem kontrol yang telah dibuat dapat bekerja seperti yang diinginkan atau tidak. Sebagai contoh, pada sistem kontrol level dan aliran untuk mempelajari sifat, karakter, dan performanya. Salah satu penerapannya yaitu pengendalian level dan aliran air pada sebuah sistem Modul Latihan RT 512 dan RT 522. Modul Latihan RT 512 berfungsi mengendalikan level air dan Modul Latihan RT 522 berfungsi mengendalikan aliran air.

Pengendalian ketinggian permukaan air merupakan suatu parameter yang banyak dipantau dan dianalisa perubahannya. Dalam industri, perkembangan pengukuran memang tidak dapat dilepaskan. Pada umumnya, industri membutuhkan keakuratan dalam pengukuran di setiap lini produksi. Dalam hal ini, pengukuran ketinggian atau level dan kecepatan aliran atau *flow* merupakan beberapa hal yang harus diperhatikan (Supriadi, 2015).

Prinsip pada Modul Latihan RT 512 dan Modul Latihan RT 522 memiliki yang sama dengan *Automatic Tank Gauging* (ATG). Modul Latihan RT 512 dan Modul Latihan RT 522 terdiri dari *sensor*, *controller*, dan *actuator*. *Automatic Tank Gauging* (ATG) menjadi 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).

Pada penelitian dengan menggunakan Modul Latihan RT 512 dan Modul Latihan RT 522 yang dilakukan oleh Ramadhani Islamiyah dengan judul “Sistem Kontrol Level dan Aliran Air Menggunakan Metode PID pada Modul Latihan RT



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

512 dan RT 522”. Metode yang digunakan adalah PID Cohen-Coon yang diintegrasikan dengan *software* MATLAB untuk mengoptimalisasikan sistem kontrol yang ada pada Modul Latih RT 512 dan RT 522. Diperoleh hasil parameter PID yaitu dengan $K_p = 0.06831153$, $K_i = 0.0492862$, dan $K_d = 0.15781704$. Respon *transien* dari parameter tersebut 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 dengan judul “Analisis Sistem *Control Cascade Level-Flow Diesel Drawoff* pada Kolom Distilasi C-01 dengan Metode Ziegler-Nichols” oleh Falahul dan Roni pada tahun 2021, dimana pada kolom distilasi menggunakan sistem pengendalian *Cascade level-flow* pada pengendalian *diesel drawoff*. Pada penelitian tersebut, terdapat sensor level yaitu sensor *magnetostrictive* dan sensor *orifice plate* untuk sensor *flow*. Metode yang digunakan adalah Ziegler-Nichols dengan mengaplikasikan sistem kontrol *Cascade* agar mendapatkan sinyal dengan respon lebih cepat. Hasil pada *controller* primer yaitu $K_p = 1.62$, $T_i = 0.426$, dan $T_d = 0.10224$. Kemudian hasil pada *controller* sekunder yaitu $K_p = 6.7$, $T_i = 0.3885$, dan $T_d = 0.0932$. *Rise time* = 1.164s, *set time* = 4.635s, *overshoot* = 0.495% dan untuk waktu *integral error* memiliki performa yang bagus dan cepat {Formatting Citation}.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, dengan menggunakan metode Cohen Coon memiliki kelemahan pada *rise time* dan *settling time* yang besar. Sehingga penelitian yang akan dilakukan pada Modul Latih RT 512 dan Modul Latih RT 522 dengan menggunakan metode *Cascade* PID diharapkan memperbaiki hasil yang diperoleh pada nilai *rise time* dan *settling time*. Dikarenakan pada metode *Cascade* PID memiliki dua parameter PID yaitu parameter PID *loop secondary* (aliran) dan parameter PID *loop primary*(level).

Performansi yang baik terlihat dari pencapaian *set point*, waktu pencapaian (*response time*) yang cepat, dan kestabilan yang *robust*. Tujuan dari metode *Cascade* PID adalah memperoleh respon yang ideal yang serta dapat mengurangi gangguan (*disturbance*), meningkatkan akurasi pengendalian,



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

mendapatkan hasil pengendalian yang halus dan menambah sistem keamanan operasi (Ir. Heriyanto, 2010).

Kemudian untuk mengatasi kelemahan dari metode *Cascade* PID, peneliti menggunakan KEPServerEX 5 sebagai aplikasi *real time* agar data yang diperoleh lebih nyata dan menerapkan MISO (*Multi Input Single Output*) menggunakan kontrol PLC untuk meminimalisir gangguan pada *manipulated variable* serta menggunakan sensor *level transmitter* tipe *hydrostatic pressure* dan *flow transmitter* tipe *electromagnetic* yang berstandar IEC (*International Electrotechnical Commission*). Setelah metode *Cascade* 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.

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* 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* 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 kontrol *Cascade* 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 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* PID pada Modul Latih RT 512 dan RT 522 yang ditulis dalam laporan tugas akhir.

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

BAB V PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan pembahasan dan data analisa dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, penulis dapat menyimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem pengendalian level dan aliran dengan menggunakan metode kontrol PID dan *Cascade* PID dapat mencapai kondisi *set point*, serta sistem beroperasi dengan stabil dengan menggunakan analisis kestabilan Routh-Hurtwiz.
2. Pada metode *Cascade* PID dengan Parameter PID (Primer) nilai $K_p = 0.2195550187$, $K_i = 0.0088565488$, dan $K_d = 0.8231182914$. Dan parameter PID (Sekunder) nilai $K_p = 0.086111057$, $K_i = 0.087118051$, dan $K_d = 0.9701959691$. Dengan nilai *settling time* dari kontroler *Cascade* PID yaitu 432.975 detik sedangkan dari kontroler PID *single loop* yaitu 722.464 detik. Nilai *rise time* dari kontroler *Cascade* PID yaitu 140.5 detik sedangkan dari kontroler PID *single loop* yaitu 271.5 detik. Kemudian nilai *delay time* dari kontroler *Cascade* PID yaitu 75.5 detik sedangkan dari kontroler PID *single loop* yaitu 127.5 detik. Dan nilai *peak time* dari kontroler *Cascade* PID yaitu 187.5 detik sedangkan dari kontroler PID *single loop* yaitu 391 detik.
3. Berdasarkan respon data hasil dari sistem *Cascade* PID terhadap beberapa *disturbance* diantaranya, 30° , 45° dan 50° . Derajat pada *valve* dapat mempengaruhi hasil sistem *Cascade* PID, dimana *valve* diatur lebih dari 35° respon yang dihasilkan semakin cepat dengan *overshoot* yang dihasilkan akan semakin besar. Sedangkan jika derajat *valve disturbance* yang diatur kurang dari 35° respon yang dihasilkan tidak akan mencapai *set point* dan *Error Steady State* (ESS) yang dihasilkan 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan analisis oleh penulis, adapun beberapa saran untuk sistem pengendalian level dan aliran air pada Modul Latih RT 512 dan RT 522, diantaranya:

1. Dalam penggunaan pompa *submersible* harus perlu diperhatikan, dikarenakan penggunaan pompa dengan waktu yang lama (lebih dari 4 jam) secara terus menerus tanpa henti membuat pompa mengalami *overheating* dan penurunan kemampuan pompa dalam memompa air sehingga berpengaruh terhadap respon *transien* pada sistem. Dalam mengatasi hal tersebut, penelitian selanjutnya dapat diberikan penambahan wadah atau sistem pendingin yang dapat menjaga sirkulasi air sehingga pompa dapat digunakan lebih dari 4 jam.
2. *Control valve* yang digunakan sebagai aktuator lebih baik menggunakan *control valve* yang bersifat *linear* seperti *control valve pneumatic* dikarenakan respon pada *control valve* tersebut lebih cepat sehingga mendapat nilai respon yang dihasilkan lebih stabil dan membentuk garis lurus pada grafik serta memperoleh hasil respon *transien* yang lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan *motorized valve*. Dimana pada *motorized valve* memiliki prinsip kerja ketika *actuator stem* memanjang, *actuator stem* akan mendorong *plug stem valve* ke bawah. Kemudian akan kembali ke posisi awal dengan pegas dan *plug stem* akan mengikuti gerakan *actuator stem*. Sehingga membutuhkan waktu dalam menggerakkan katup untuk membuka atau menutup.

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 PUSTAKA

- Abidin, Z., & Ihsanto, E. (2021). Perancangan Kontroler PID Level Deaerator dan Kondensor pada Steam Power Plant Berbasis Algoritma Genetika. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 153. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.009>
- Agustha, D. N., Wardhana, A. S., & Triyanto, R. H. (2021). PRELIMINARY PERANCANGAN METERING SYSTEM PADA PROSES CUSTODY TRANSFER PRODUK LPG DI PT. XYZ. ... *Teknologi Energi Dan ...*, 1(November), 962–972.
- Ashari, A. B. (2020). Kontrol Kecepatan Motor Induksi Menggunakan Metode Field Orientation Control (FOC) Berbasis Fuzzy-PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 9, 763–772.
- Atina. (2019). Aplikasi Matlab pada Teknologi Pencitraan Medis. *Jurnal Penelitian Fisika Dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3123>
- 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. 21(3), 95–101. <https://doi.org/10.14710/gt.v21i3.42560>
- Burns, R. S. (2001). Advanced Control Engineering. *Advanced Control Engineering*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-5100-4.x5000-1>
- Chairi, R., Hidayanti, F., & Kusuma, I. (2017). Perancangan Sistem Kendali Cascade pada Deaerator Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS). 20(1), 22–29.
- 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. <https://doi.org/10.1201/9781351124140-96>.
- Fadhlurrahman, M. L., Sumaryo, S., Wibowo, A. S., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2018). IMPLEMENTATION OF DOUBLE CONTROLLER ON TWIN TANK USING PI. 5(3), 3903–3910.
- 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.
- Hidayat, S. (2017). X Sistem Pengendalian Advance. *Cascade Sistem*.
- Hudedmani, M. G., Umayal, R. M., Kabberalli, S. K., & Hittalamani, R. (2017). Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. *Advanced Journal of Graduate Research*, 2(1), 37–45. <https://doi.org/10.21467/ajgr.2.1.37-45>.

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Ir. Heriyanto, M. T. (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 Media History of Documents*, 3(April), 49–58.
- J.Boxhammer, D.-I. (2017). *Experiment Instructions FFlow Control Trainer*. 1–122.
- J.Boxhammer, D.-I. (2018). *Experiment Instructions Level Control Trainer*. 1–124.
- Kouhi, Y., Adlgostar, R., & Nourzadeh, H. (2007). Robust and Fel Control Design for Mimo Flow-Level Control Plant. *IFAC Proceedings Volumes*, 40(18), 535–540. <https://doi.org/10.3182/20070927-4-ro-3905.00089>
- Madyanto, T. D., Santoso, I., & Setiawan, I. (2012). *Makalah Seminar Tugas Akhir Pengontrolan Suhu Menggunakan Metode Fuzzy-Pid Pada Model Sistem Hipertermia*. 1–9.
- Mohamad Fasyan bin Mohamad Sabri. (2009). Monitoring and Controlling Of Temperature In A Gas Plant Via Cascade Architecture. *American Journal of Research Communication*, 5(August), 12–42. [http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Doc/Overview of Arc Hydro terrain preprocessing workflows.pdf](http://downloads.esri.com/archydro/archydro/Doc/Overview%20of%20Arc%20Hydro%20terrain%20preprocessing%20workflows.pdf) <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.11.003> <http://sites.tufts.edu/gis/files/2013/11/Watershed-and-Drainage-Delineation-by-Pour-Point.pdf> www
- Muhamad Ali, M. . (2013). *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.
- 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. <http://eprints.unpak.ac.id/id/eprint/793>
- PRIMA, A. (2013). *Implementasi Sistim Navigasi Wall Following Mengguakan Kontrol PID Dengan Metode Tuning Pada Robot Beroda*.
- Ramadhanty, A. M. (2021). *Sistem Pengaturan Level Tangki Terhadap Laju Aliran Air pada Sistem Pengolahan Air*. 1–23.
- Routh ' S Stability Criterion. no. 6, pp.1–6, 2007.
- 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. <https://doi.org/10.31315/e.v16i2.2993>
- Supriadi, D. (2015). Rancang Bangun Sistem Pengendalian Ketinggian Air Menggunakan Sensor Ultrasonic Berbasis PLC (Programmable Logic



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Controller). *Tedc*, 9(3), 192–196.

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. <https://doi.org/10.15294/jte.v12i1.24050>

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*.

Falahul & Roni, (2021). *Analisis Sistem Control Cascade Level-Flow Diesel Drawoff Pada Kolom Distilasi C-01*. 1(November), 1136–1147.



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 :**
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

Lampiran 1 – Daftar Riwayat Hidup

Daftar Riwayat Hidup



Penulis bernama Galih Tejo Bowo Laksono. Lahir di Jakarta, 9 Januari 2001. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah SDN Cakung Barat 02 Pagi lulus pada tahun 2013. Melanjutkan Pendidikan Menengah Pertama pada SMPN 193 Jakarta lulus pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan Pendidikan Menengah Kejuruan di SMKN 4 Jakarta dan lulus pada tahun 2019. Penulis melanjutkan Pendidikan Program Sarjana Terapan (S.Tr) di Politeknik Negeri Jakarta, jurusan Teknik Elektro, program studi Instrumentasi dan Kontrol Industri (IKI) sejak tahun 2019.



© 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2 – Modul Latih RT 512

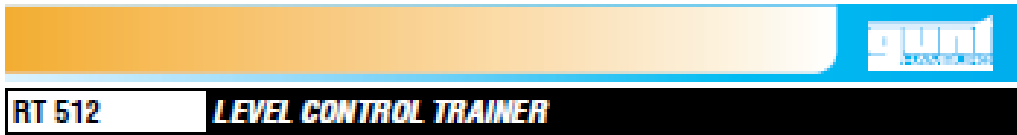


Lampiran 3 – Modul Latih RT 522





Lampiran 4 – Spesifikasi Modul Latih RT 512



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



Pressure transducer (for level)

Measuring range	0...100 mbar
Accuracy	±0,15% (of the specified measuring range)

Control valve

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 ³ /h

Two-channel line recorder

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

Controller

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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 6 – Spesifikasi Modul Latih RT 522

RT 522

FLOW CONTROL TRAINER

6.2 Technical data

Dimensions

Length x Width x Height	1010 x 700 x 1750 mm
Weight	approx. 105 kg

Power supply

Voltage	230 V
Frequency	50 Hz
Phases	1 phase
Nominal consumption (power)	0,6 kW
Alternatives optional, see rating plate	

Noise emissions

70 dB(A)

Water tank

Volume	28 L
--------	------

Submersible pump (manufacturer: Ebara model: Optima M)

Max flow rate	9000 L/h
Max. head	7 m
Power consumption	250 W

Rotameter

Measuring range	10...100 %
100% = 1960 L/h	
Accuracy class	1,6

Electromagnetic flow rate sensor

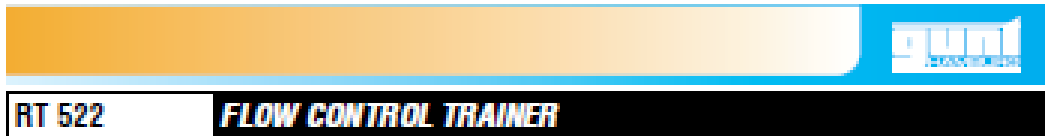
Principle	electromagnetic
Measuring range	0...6000 L/h
Set measuring range	0...1960 L/h
Measuring signal output	4...20 mA

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

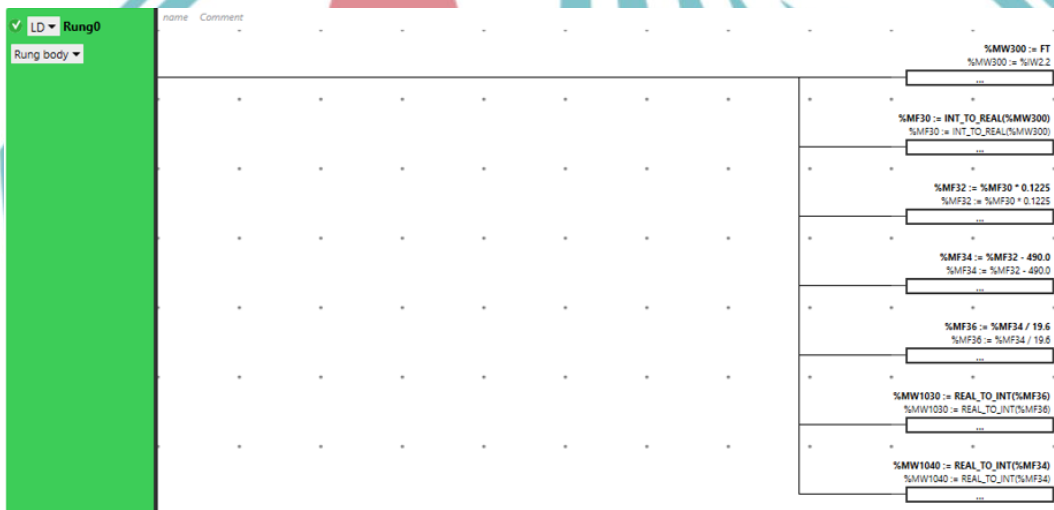


Lampiran 8 – Program *Scaling PLC*

Program *Level Transmitter*



Program *Flow Transmitter*



Program *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 9 – Setting I/O Tabel 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 type="checkbox"/>				
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.7		Filtering, Use: 3 ms			<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		

Apply Cancel

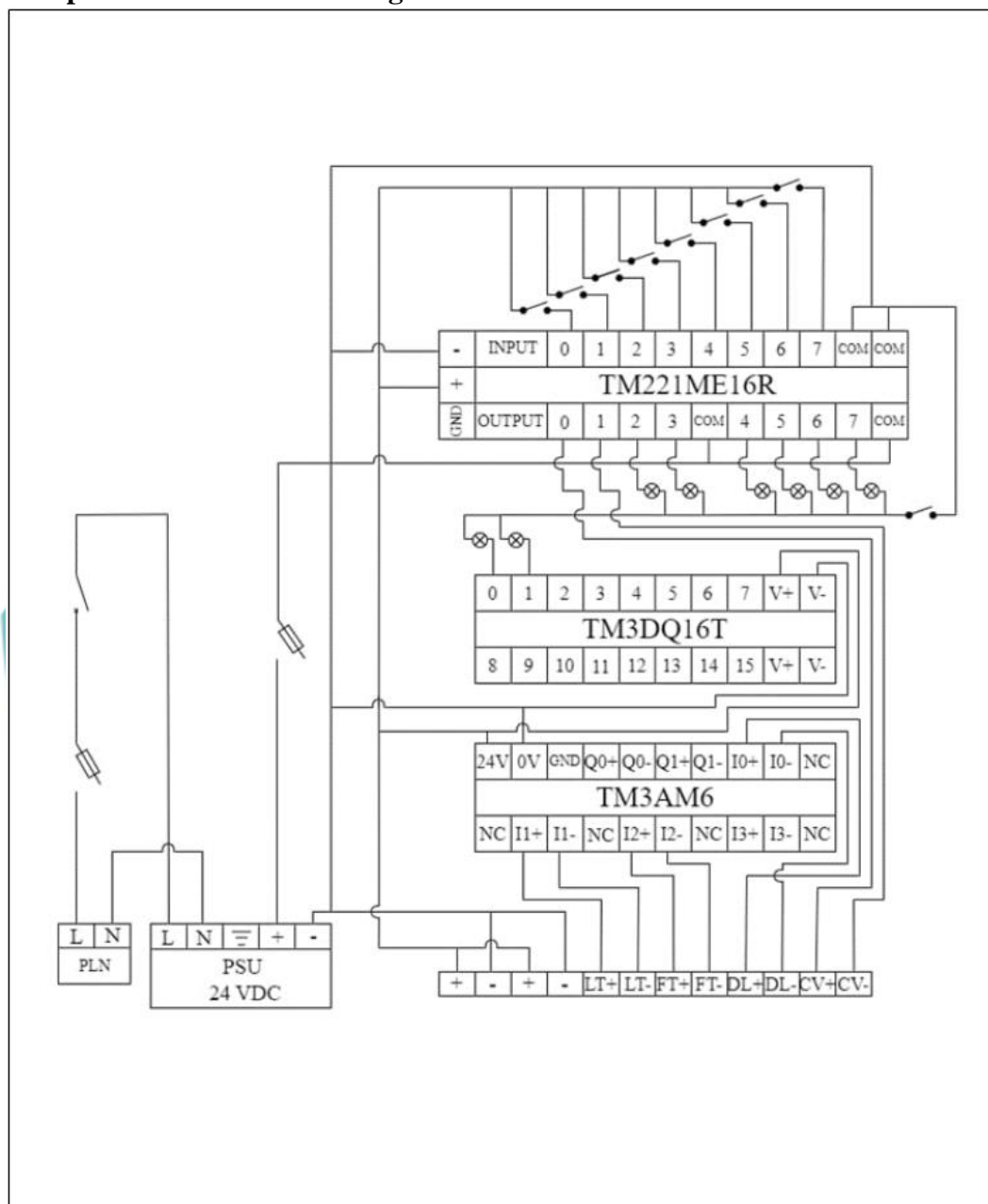
Modul Analog TM3AM6/G

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	400i	2000	35	x 10 ms	1 ms/Channel		
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW2.1	LT	4 - 20 mA	Normal	400i	2000	12	x 10 ms	1 ms/Channel		
<input checked="" type="checkbox"/>	%IW2.2	FT	4 - 20 mA	Normal	400i	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 10 – Skematik Rangkaian Modul Kontroler



01 SKEMATIK MODUL KONTROLER

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

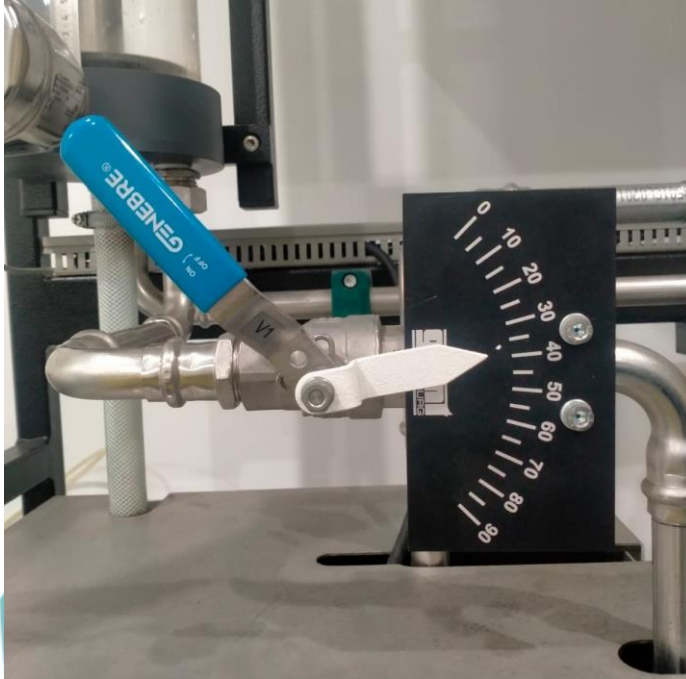
GALIH TEJO BOWO LAKSONO

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 11 – *Valve Disturbance* Pada 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