



**IMPLEMENTASI OPENPLC BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
METODE PID PADA SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN AIR**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro

Oleh:

Rizal Nadhif Pratista

40040322650051

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2026**

LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI OPENPLC BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
METODE PID PADA SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN AIR**

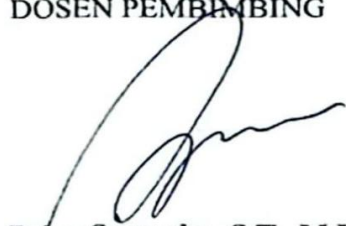
Diajukan Oleh:

Rizal Nadhif Pratista

40040322650051

TELAH DISETUJUI DAN DITERIMA DENGAN BAIK OLEH

Menyetujui,
DOSEN PEMBIMBING



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.
N/P. 197009161998021001

24 September 2026

Mengetahui,
Ketua
Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi
Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi
Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.
N/P. 197009161998021001

24 September 2026

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI OPENPLC BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN METODE PID PADA SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN AIR

Diajukan Oleh:

Rizal Nadhif Pratista

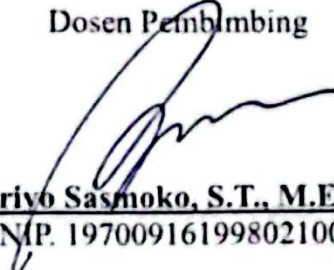
NIM 40040322650051

Telah diujikan dan dinyatakan lulus oleh Tim Penguji

24 September 2026

Tim Penguji.

Dosen Pembimbing



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

Penguji 1

Penguji 2



Aulia Istiqomah, SST., M.T.

NIP.199306122024062002



Megarini Hersaputri, S.T., M.T.

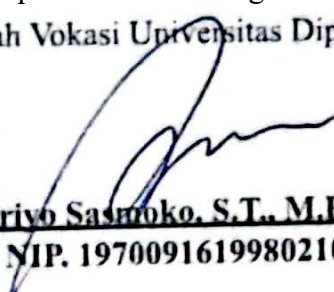
NIP. 198902142020122012

Mengetahui

Ketua Program Studi S.Tr Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknologi Industri

Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Priyo Sasmoko, S.T., M.Eng.

NIP. 197009161998021001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rizal Nadhif Pratista

NIM : 40040322650051

Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi

Judul Tugas Akhir : Implementasi OpenPLC Berbasis ESP32 Menggunakan Metode PID Pada Sistem Pengendalian Laju Aliran Air

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh derajat keahlian di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku.

Semarang, 24 September 2026

Penulis

Rizal Nadhif Pratista
40040322650051

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Implementasi OpenPLC Berbasis ESP32 Menggunakan Metode PID Pada Sistem Pengendalian Laju Aliran Air”. Tersusunnya laporan ini tentu tidak lepas dari bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendukung dan mendoakan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Priyo Sasmoko, ST., M.Eng. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro yang telah mendukung dan memotivasi dalam menjalani proses tugas akhir ini.
4. Bapak Priyo Sasmoko, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro yang telah memberikan arahan, bimbingan, masukan, dan dukungan selama proses pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Novia Dwi Lestari, kekasih penulis yang telah menemani dan memberikan semangat agar termotivasi untuk selalu maju dalam hal apapun sehingga dapat menyelesaikan perkuliahan dan Tugas Akhir dengan baik.
6. Teman Teknologi Rekayasa Otomasi Angkatan 2022 yang sudah memberikan dukungan dan semangat dalam menyusun Laporan Tugas Akhir.
7. Terima kasih kepada Mahesa Music, Simpatik Music, dan Adella yang sudah menjadi playlist dalam menemani penulis menyusun laporan ini.

Semarang, 24 September 2026
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL	xvi
INTISARI	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Batasan Masalah	5
1.6. Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir	7
BAB II DASAR TEORI	8
2.1. Tinjauan Pustaka	8
2.2. Sistem Kontrol	12
2.2.1. Sistem Kontrol Loop Terbuka (<i>Open-Loop</i>)	12
2.2.2. Sistem Kontrol Loop Tertutup (<i>Closed-Loop</i>)	12
2.3. Laju Aliran Fluida (<i>Flow Rate</i>)	13
2.4. Sensor <i>Water Flow</i>	13
2.5. ESP32	15
2.6. Kontrol PID (<i>Proportional Integral Derivative</i>)	16
2.6.1. <i>Proportional</i> (P)	17
2.6.2. <i>Integral</i> (I)	17

2.6.3. <i>Derivative (D)</i>	17
2.6.4. Persamaan PID	18
2.6.5. Metode <i>Tuning Ziegler–Nichols Open-Loop</i>	19
2.6.6. Implementasi PID pada OpenPLC	20
2.6.7. <i>Function Block CTRL_PID</i>	23
2.7. Hubungan Antar Sistem dalam Penelitian.....	23
2.8. OpenPLC Editor.....	24
2.8.1. OpenPLC <i>Runtime</i>	25
2.8.2. OpenPLC.....	26
2.8.3. <i>MatIEC Compiler</i>	27
2.8.4. <i>Scan Cycle</i> OpenPLC.....	28
2.8.5. <i>Function Block</i> Diagram Pada OpenPLC	29
2.8.6. <i>Function Block</i> yang Digunakan pada Penelitian	30
2.9. <i>Power Supply</i>	33
2.10. <i>Buck Converter</i>	34
2.11. Pompa 12V	36
2.12. Sensor Ultrasonik JSN-SR04T.....	37
2.13. <i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>	40
2.14. Driver Motor BTS7960	41
2.15. Komunikasi Antar ESP32 Menggunakan Pin-to-Pin	41
2.16. RC Low-Pass Filter	42
2.17. Bahasa Pemrograman PLC Berdasarkan IEC 61131-3	43
2.18. Penerapan <i>Function Block</i> Diagram pada Penelitian.....	44
2.19. Tipe Data PLC.....	44
2.20. <i>Addressing</i> PLC.....	45
2.21. Parameter Evaluasi Respons Sistem	45
BAB III METODE PENELITIAN.....	49
3.1. Blok Diagram dan Flowchart.....	49
3.1.1. Blok Diagram.....	49
3.1.2. <i>Flowchart</i>	50
3.2. Rangkaian Elektrikan Keseluruhan.....	56
3.2.1. Sistem Distribusi Daya.....	57

3.2.2. Sistem Input (Sensor).....	58
3.2.3. Sistem Output (Aktuator).....	59
3.2.4. Sistem Pengendali (ESP32 dan OpenPLC).....	59
3.3. Gambar Konsep 3D Alat	60
3.3.1. Penempatan Sensor	61
3.3.2. Penempatan Aktuator	62
3.3.3. Penempatan Sistem Kendali.....	62
3.4. Spesifikasi dan Fitur Alat	63
3.4.1. Spesifikasi	63
3.4.2. Fitur Alat	65
3.5. Cara Pembuatan / Fabrikasi	66
3.5.1. Fabrikasi Perangkat Keras.....	66
3.5.2. Perancangan Perangkat Lunak	67
3.5.3. Mekanisme <i>Scan Cycle</i> OpenPLC	83
3.5.4. Perancangan OpenPLC <i>Runtime</i>	83
3.5.5. Perancangan Algoritma PID.....	85
3.5.6. Perancangan Function Block CTRL_PID	87
3.5.7. Perancangan Tuning PID Metode Ziegler – Nichols	88
3.5.8. Perancangan Komunikasi Antar ESP32	90
3.5.9. Perhitungan Rangkaian RC Low-Pass Filter.....	92
3.5.10. Rancangan Pengujian Sistem	92
3.5.11. Rancangan Pengujian OpenPLC Runtime	93
3.5.12. Rancangan Pengujian Komunikasi Antar ESP32.....	93
3.5.13. Rancangan Pengujian Sensor <i>Water Flow</i>	94
3.5.14. Rancangan Pengujian Driver BTS7960	95
3.5.15. Rancangan Pengujian Algoritma PID	95
3.5.16. Rancangan Pengujian Keseluruhan Sistem.....	96
3.5.17. Indikator Keberhasilan Penelitian	98
3.5.18. Kebutuhan Daya.....	99
3.6. Perancangan Metode Sistem Kontrol.....	101
3.6.1. Rancangan Pengujian Sistem <i>Open-Loop</i>	102
3.6.2. Rancangan Pengujian <i>Open-Loop</i> PWM 22.000	103

3.6.3. Rancangan Pengujian Open-Loop PWM 30.000	103
3.6.4. Rancangan Pengujian Open-Loop PWM 44.000	104
3.6.5. Metode Pengolahan Data Respons Sistem	104
3.6.6. Rancangan Penentuan Parameter <i>Reaction Curve</i> PWM 30.000.....	105
3.6.7. Rancangan Perhitungan Parameter PID Metode <i>Ziegler–Nichols Open-Loop</i>	108
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	111
4.1. Implementasi Sistem	111
4.1.1. Implementasi Perangkat Keras	111
4.1.2. Hasil Implementasi Perangkat Lunak	119
4.2. Pengujian Perangkat.....	119
4.2.1. Hasil Pengujian Akurasi Sistem Pembacaan Sensor <i>Water Flow</i> YF-S201	119
4.2.2. Pengujian Driver BTS7960	121
4.2.3. Pengujian Sensor JSN-SR04T	121
4.2.4. Pengujian ESP32 dan OpenPLC	124
4.2.5. Verifikasi Implementasi OpenPLC Berbasis ESP32.....	126
4.3. Pengujian Komunikasi <i>Pin-to-Pin</i> Antar ESP32.....	128
4.3.1. Pengujian Pengiriman PWM 0.....	129
4.3.2. Pengujian Pengiriman PWM 22.000.....	131
4.3.3. Pengujian Pengiriman PWM 32.000.....	133
4.3.4. Pengujian Pengiriman PWM 44.000.....	135
4.3.6. Analisis Komunikasi Dua Arah.....	137
4.4. Pengujian Open-Loop Sistem Pengendalian Laju Aliran.....	141
4.4.1. Pengujian <i>Open-Loop</i> PWM 22.000	142
4.4.2. Pengujian <i>Open-Loop</i> PWM 30.000	143
4.4.3. Pengujian <i>Open-Loop</i> PWM 44.000	144
4.4.4. Perbandingan Hasil Pengujian <i>Open-Loop</i>	145
4.5. Pengujian dan Analisa Kontrol PID	147
4.5.1. Penentuan Parameter Awal PID Metode Ziegler–Nichols Open-Loop.....	148
4.5.2. Proses Pembentukan Keluaran PID menjadi PWM.....	149
4.5.3. Integrasi PID dengan Pompa.....	150

4.5.4. Verifikasi Implementasi PID pada OpenPLC	151
4.6. Pengujian Sistem Menggunakan PID.....	152
4.6.1. Hasil <i>Fine Tuning</i> Parameter PID	152
4.6.2. Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 1000 mL/min	154
4.6.3. Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 2000 mL/min	158
4.6.4. Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 3000 mL/min	163
4.6.5. Perbandingan Hasil Pengujian <i>Closed-Loop</i>	167
4.6.6. Analisis Fluktuasi Hasil Pengujian <i>Closed-Loop</i>	173
BAB V PENUTUP.....	180
5.1. Kesimpulan	180
5.2. Saran.....	182
DAFTAR PUSTAKA.....	184
LAMPIRAN.....	188

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Water Flow	15
Tabel 2.3 Spesifikasi ESP32	16
Tabel 2.4 Spesifikasi Power Supply	34
Tabel 2.5 Spesifikasi <i>Buck Converter</i> 24V ke 12V	36
Tabel 2.6 Spesifikasi <i>Buck Converter</i> 12V ke 5V	36
Tabel 2.7 Spesifikasi Sensor Ultrasonik JSN-SR04T	39
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	63
Tabel 3.2 Variabel OpenPLC.....	84
Tabel 3.3 Komponen Sistem Pengontrolan.....	100
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Respons Sensor Flow	120
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor JSN-SR04T	123
Tabel 4.3 Verifikasi Pemetaan Variabel OpenPLC.....	127
Tabel 4.4 Hasil Komunikasi <i>Pin-to-Pin</i> OpenPLC menuju ESP32 Pendukung ..	137
Tabel 4.5 Perbandingan Parameter Respons Sistem <i>Open-Loop</i>	146
Tabel 4.6 Parameter Awal Hasil Metode <i>Ziegler–Nichols Open-Loop</i>	149
Tabel 4.7 Perbandingan <i>Overshoot</i> Hasil <i>Fine Tuning</i>	153
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Pengujian <i>Closed-Loop</i>	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor <i>Water Flow</i> YF-S201	14
Gambar 2.2 Mikrokontroler ESP32	15
Gambar 2.3 diagram blok feedback laju aliran	23
Gambar 2.4 diagram blok jalur keluaran kendali	24
Gambar 2.5 OpenPLC Editor	24
Gambar 2.6 Tampilan Pada OpenPLC Editor	25
Gambar 2.7 Proses Kompilasi	27
Gambar 2.8 Power Supply 24V	34
Gambar 2.9. <i>Buck Converter</i>	35
Gambar 2.10 Pompa 12V	37
Gambar 2.11 Sensor Ultrasonik JSN-SR04T	37
Gambar 3.1 Blok Diagram Keseluruhan Sistem	49
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Keseluruhan Sistem	52
Gambar 3.3 Flowchart Sistem Pengendalian Laju Aliran Air	56
Gambar 3.4 Wiring Diagram Keseluruhan Sistem	57
Gambar 3.5 Diagram Blok Sistem Input	58
Gambar 3.6 Jalur Aktuasi Sistem Output	59
Gambar 3.7 Desain 3D	61
Gambar 3.8 Variabel pada OpenPLC	68
Gambar 3.9 Function Block pada OpenPLC	68
Gambar 3.10 <i>Function Block</i> Sensor JSN-SR04T	69
Gambar 3.11 <i>Function Block</i> Sensor JSN-SR04T Bagian 2	70
Gambar 3.12 <i>Function Block</i> Sensor <i>Flow</i> YF-S201 Bagian 1	73
Gambar 3.13 <i>Function Block</i> Sensor <i>Flow</i> YF-S201 Bagian 2	73
Gambar 3.14 <i>Function Block</i> Sensor <i>Flow</i> YF-S201 Bagian 3	74
Gambar 3.15 Alur Implementasi CTRL_PID pada Sistem Pengendalian Laju Aliran	86
Gambar 3.17. Rancangan Function Block CTRL_PID pada OpenPLC	87
Gambar 3.18 Diagram Blok Jalur Data Aliran	92
Gambar 3.19 Diagram Blok Jalur Keluaran Kendali Gambar 29 Diagram Blok Jalur Keluaran Kendali	91
Gambar 3.20 Diagram Blok Alur Sistem <i>Closed Loop</i> Gambar 30 Diagram Blok Alur Sistem Closed Loop	102
Gambar 3.21 Blok Diagram Sistem Pengendalian Closed-Loop	103
Gambar 3.22 Penentuan Parameter Process Reaction Curve pada PWM 30.000	107
Gambar 3.23 Diagram Blok Tahapan Awal Penentuan Parameter Awal PID	108
Gambar 4.1 Keseluruhan Alat	112
Gambar 4.2 Panel Kontrol	113
Gambar 4.3 Tangki 1 10 L	114

Gambar 4.4 Tangki 2 5 L	115
Gambar 4.5 Pompa DC 12 V Gambar 37 Pompa DC 12 V	115
Gambar 4.6 Sensor Flow YF-S201 Gambar 38 Sensor Flow YF-S201	115
Gambar 4.7 ESP32 Gambar 39 ESP32	116
Gambar 4.8 Driver BTS7960 Gambar 40 Driver BTS7960	117
Gambar 4.9 Power Supply Gambar 41 Power Supply	118
Gambar 4.10 Wiring Sistem Gambar 42 Wiring Sistem	119
Gambar 4.11 Proses Kompilasi Program OpenPLC untuk ESP32	124
Gambar 4.12 Hasil Upload Program OpenPLC ke ESP32	125
Gambar 4.13. Kondisi OpenPLC saat Program Berjalan.....	125
Gambar 4.14 Perubahan Variabel pada OpenPLC	126
Gambar 4.15 Diagram Blok Jalur Komunikasi Pin To Pin	129
Gambar 4.16 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran RC Low-Pass Filter pada PWM 0	130
Gambar 4.17 Hasil Pembacaan Serial Monitor pada Pengiriman PWM 0	130
Gambar 4.18 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran RC Low-Pass Filter pada PWM 22.000	131
Gambar 4.19 Hasil Pembacaan Serial Monitor pada Pengiriman PWM 22.000	132
Gambar 4.20 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran RC Low-Pass Filter pada PWM 32.000	133
Gambar 4.21. Hasil Pembacaan Serial Monitor pada Pengiriman PWM 32.000	134
Gambar 4.22 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran RC Low-Pass Filter pada PWM 44.000	135
Gambar 4.23 Hasil Pembacaan Serial Monitor pada Pengiriman PWM 44.000	136
Gambar 4.24 Diagram Blok Proses Perubahan Proses Variabel	137
Gambar 4.25 Diagram Blok Gambar 57 Diagram Blok	138
Gambar 4.26 Diagram Blok Alu Komunikasi 2 Arah	140
Gambar 4.27 Diagram Komunikasi 2 Arah.....	140
Gambar 4.28 Respons Laju Aliran Open-Loop pada PWM 22.000	142
Gambar 4.29 Respons Laju Aliran <i>Open-Loop</i> pada PWM 30.000.....	143
Gambar 4.30 Respons Laju Aliran <i>Open-Loop</i> pada PWM 44.000.....	144
Gambar 4.31 Perbandingan Respons <i>Open-Loop</i> PWM 22.000, 30.000, dan 44.000	145
Gambar 4.32 Diagram Blok Hasil Proses Pengendalian Closed Loop	147
Gambar 4.33 Diagram Blok Proses PID OUT Ke Pompa	149
Gambar 4.34 Diagram Blok Jalur Aktuasi Sistem	150
Gambar 4.35 Blok Diagram Pengendalian Sistem.....	151
Gambar 4.36. Respons <i>Closed-Loop</i> pada <i>Setpoint</i> 1000 mL/min	154
Gambar 4.37 Tampilan HMI pada Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 1000 mL/min	157

Gambar 4.38. Tampilan HMI Setelah Proses Pengisian pada Setpoint 1000 mL/min.....	158
Gambar 4.39 Respons <i>Closed-Loop</i> pada Setpoint 2000 mL/min.....	159
Gambar 4.40 Tampilan HMI pada Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 2000 mL/min	162
Gambar 4.41. Tampilan HMI Setelah Proses Pengisian pada <i>Setpoint</i> 2000 mL/min.....	163
Gambar 4.42 Respons <i>Closed-Loop</i> pada <i>Setpoint</i> 3000 mL/min.....	164
Gambar 4.43 Tampilan HMI pada Pengujian <i>Closed-Loop Setpoint</i> 3000 mL/min	166
Gambar 4.44 Tampilan HMI Setelah Proses Pengisian pada Setpoint 3000 mL/min	167
Gambar 4.45 Diagram Blok Proses Koreksi Error.....	174
Gambar 4.46 Diagram Blok Proses Pengukuran Flow	175

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Mentah Pengujian Closed-Loop Setpoint 1000 mL/min	193
Lampiran 2. Data Mentah Pengujian Closed-Loop Setpoint 2000 mL/min	196
Lampiran 3. Data Mentah Pengujian Closed-Loop Setpoint 3000 mL/min	199

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

Singkatan	Definisi
AC	<i>Alternating Current</i>
DC	<i>Direct Current</i>
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>
OpenPLC	<i>Soft PLC berbasis open-source</i>
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
PWM	<i>Pulse Widht Modulation</i>
RTD	<i>Resistance Temperature Detecto</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
GPIO	<i>General Purpose Input Output</i>
ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
PSU	<i>Power Supply Unit</i>
FBD	<i>Function Block Diagram</i>
LD	<i>Ladder Diagram</i>
ST	<i>Structured Text</i>

Simbol	Definisi
Q	Laju Aliran Fluida
V	Volume Fluida
t	Waktu
A	Luas penampang pipa
v	Kecepatan aliran fluida
m	Laju aliran massa
p (rho)	Massa jenis fluida
f	Frekuensi pulsa sensor
k	Konstanta sensor <i>flow</i>

$e(t)$	Error terhadap waktu
K_p	Konstanta Proportional
K_i	Konstanta Integral
K_d	Konstanta Derivative
$u(t)$	Sinyal Kontrol
T_s	Temperatur Setpoint
V_{in}	Tegangan input
D	<i>Duty Cycle</i>

INTISARI
IMPLEMENTASI OPENPLC BERBASIS ESP32 MENGGUNAKAN
METODE PID PADA SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN AIR

Rizal Nadhif Pratista

Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro

Penelitian ini mengimplementasikan OpenPLC berbasis ESP32 menggunakan metode Proportional-Integral-Derivative (PID) untuk pengendalian laju aliran air. Sistem menggunakan dua ESP32, yaitu ESP32 OpenPLC sebagai pengendali utama yang menjalankan program FBD dan Function Block CTRL_PID, serta ESP32 pendukung untuk akuisisi sensor dan aktuasi pompa. Sensor YF-S201 digunakan sebagai umpan balik laju aliran, sedangkan pompa DC dikendalikan melalui driver BTS7960. Pertukaran data antarkedua ESP32 dilakukan secara pin-to-pin berbasis PWM–RC–ADC. Parameter awal PID ditentukan menggunakan metode Ziegler–Nichols open-loop berdasarkan *process reaction curve*, kemudian dilakukan *fine tuning* hingga diperoleh parameter $K_p = 3,5$, $K_i = 3,5$, dan $K_d = 0,35$. Pengujian *closed-loop* dilakukan pada setpoint 1000, 2000, dan 3000 mL/min. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata *process variable* masing-masing sebesar 1001,11 mL/min, 2003,17 mL/min, dan 3003,32 mL/min dengan bias absolut sebesar 0,111%, 0,158%, dan 0,111%. Nilai *rise time* berturut-turut sebesar 2,051 s, 1,012 s, dan 0,772 s, sedangkan *maximum overshoot* sebesar 9,36%, 74,96%, dan 16,67%. Nilai RMSE masing-masing sebesar 48,75 mL/min, 55,44 mL/min, dan 117,46 mL/min. Secara keseluruhan, implementasi CTRL_PID pada OpenPLC berbasis ESP32 mampu mempertahankan rata-rata laju aliran mendekati setpoint pada ketiga titik operasi yang diuji.

Kata kunci: OpenPLC, ESP32, PID, laju aliran air, CTRL_PID, Ziegler–Nichols, closed-loop.

ABSTRACT
IMPLEMENTATION OF ESP32-BASED OPENPLC USING THE PID
METHOD IN A WATER FLOW RATE CONTROL SYSTEM

Rizal Nadhif Pratista

**Automation Engineering Technology, Vocational School, Universitas
Diponegoro**

This study implements an ESP32-based OpenPLC system using the Proportional-Integral-Derivative (PID) method for water flow rate control. The system employs two ESP32 microcontrollers, consisting of an OpenPLC ESP32 as the main controller that executes the FBD program and the CTRL_PID Function Block, and a supporting ESP32 for sensor data acquisition and pump actuation. The YF-S201 sensor is used as the flow rate feedback sensor, while the DC pump is controlled through a BTS7960 driver. Data exchange between the two ESP32 microcontrollers is performed through a pin-to-pin PWM–RC–ADC scheme. The initial PID parameters were determined using the Ziegler–Nichols open-loop method based on the *process reaction curve*, followed by *fine tuning* until the parameters, and were obtained. *Closed-loop* testing was conducted at setpoints of 1000, 2000, and 3000 mL/min. The test results showed average *process variable* values of 1001.11 mL/min, 2003.17 mL/min, and 3003.32 mL/min, with absolute biases of 0.111%, 0.158%, and 0.111%, respectively. The *rise time* values were 2.051 s, 1.012 s, and 0.772 s, respectively, while the *maximum overshoot* values were 9.36%, 74.96%, and 16.67%. The RMSE values were 48.75 mL/min, 55.44 mL/min, and 117.46 mL/min, respectively. Overall, the implementation of CTRL_PID on the ESP32-based OpenPLC system was able to maintain the average flow rate close to the setpoint at all three tested operating points.

Keywords: OpenPLC, ESP32, PID, water flow rate, CTRL_PID, Ziegler–Nichols, *closed-loop*.