

**PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL *FEEDFORWARD*
DAN *FEEDBACK* PADA *WATER LEVEL PLANT*
BERBASIS *PLC* DAN *INTERNET OF THINGS***

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan

oleh

Gailan Anaisabury

221441033



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul
**PENGEMBANGAN SISTEM KONTROL *FEEDFORWARD* DAN *FEEDBACK*
PADA *WATER LEVEL PLANT* BERBASIS *PLC* DAN *INTERNET OF THINGS***

Oleh:

Gailan Anaisabury

221441033

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan

Sarjana Terapan

Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 16 Juli 2025

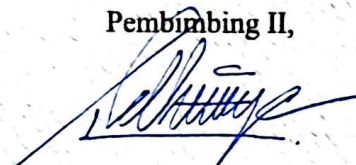
Disetujui,

Pembimbing I,



Fitria Suryatini, S.Pd., M.T.
NIP. 198804242018032001

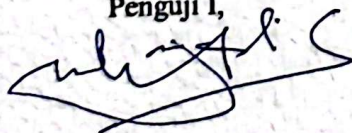
Pembimbing II,



Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
NIP. 198110052009121005

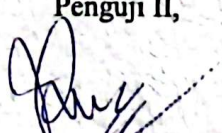
Disahkan,

Penguji I,



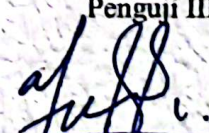
Dr. Ing. Yuliadi Erdani, M.Sc.
NIP. 196807021997021001

Penguji II,



Hendy Rudlansyah, S.T., M.Eng.
NIP. 198105072008101001

Penguji III,



Ahshonah Khoerunnisa, S.Tr., M.T.
NIP. 199311282024062001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gailan Anaisabury
NIM : 221441033
Jurusan : Teknik Rekayasa Otomasi dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Sarjana Terapan
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Sistem Kontrol *Feedforward* dan *Feedback* Pada *Water Level Plant* Berbasis PLC dan *Internet of Things*

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 16-07-2025
Yang Menyatakan,



(Gailan Anaisabury)
NIM 221441033

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Gailan Anaisabury
NIM : 221441033
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Pengembangan Sistem Kontrol *Feedforward* dan *Feedback* Pada *Water Level Plant* Berbasis PLC dan *Internet of Things*

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 16-07-2025
Yang Menyatakan,



(Gailan Anaisabury)
NIM 221441033

MOTTO PRIBADI

Fokus ke depan, belajar dari kesalahan dan percayalah proses tidak akan
menghianati hasil

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak,
teman-teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan
tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang mendalam saya haturkan hanya kepada Allah SWT. Segala rahmat, pertolongan, dan ampunan-Nya senantiasa menyertai langkah saya. Saya memohon perlindungan dari segala bentuk keburukan dan kesalahan. Barang siapa yang tidak dibimbing oleh petunjuk Allah, niscaya tidak akan pernah menemukan kebenaran di jalan-Nya.

Puji syukur kepada Allah atas petunjuk dan pertolongan-Nya, tugas akhir saya dengan judul “Pengembangan Sistem Kontrol *Feedforward* dan *Feedback* pada *Water Level Plant* Berbasis PLC dan *Internet of Things*” akhirnya dapat diselesaikan.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

Penyelesaian tugas akhir ini tidak mungkin terlaksana tanpa dukungan berbagai pihak. Dalam penyusunan hingga selesainya tugas akhir ini. Saya ingin mengucapkan terima kasih secara khusus kepada :

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah Undayat, S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T. dan Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
5. Para Penguji sidang tugas akhir.
6. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd.
7. Apresiasi terbesar saya haturkan kepada Orang Tua saya, Bapak Yusup dan Ibu Elis. Berkat doa-doa, motivasi tanpa henti, serta pengorbanan moril dan materiil dari mereka, tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

8. Untuk kakak dan ponakan penulis yang telah mendukung secara moral dan memberikan semangat.

9. Untuk teman seperjuangan Kelas 4 AEB-2 dan Angkatan 21.

Sebagai penutup, saya menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar dapat menyempurnakan karya ini di kemudian hari. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Bandung, 16 Juli 2025



Penulis

ABSTRAK

Kontrol ketinggian air sangat penting dalam proses industri untuk menjaga stabilitas dan efisiensi operasional, terutama terhadap berbagai gangguan seperti perubahan aliran masuk dan keluar air. Penelitian ini mengusulkan sistem kontrol *Feedforward-Feedback* gabungan menggunakan algoritma Fuzzy-PID yang diimplementasikan pada PLC Omron CP1H, yang diintegrasikan dengan antarmuka pemantauan Node-RED berbasis IoT. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan akurasi respons dan pemulihan gangguan dalam aplikasi kontrol ketinggian air. Metode eksperimental digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem kontrol yang diusulkan terhadap kontrol umpan balik tunggal konvensional dalam berbagai skenario gangguan. Hasilnya menunjukkan bahwa kontrol gabungan mencapai kesalahan kondisi tunak rata-rata yang lebih rendah (0,67%) dibandingkan dengan kontrol umpan balik saja (1,12%), waktu pemulihan yang lebih cepat (3 detik vs 6,3 detik), dan tidak ada *overshoot*. Integrasi sensor aliran sebagai input umpan maju memungkinkan deteksi dan koreksi gangguan lebih awal sebelum berdampak pada ketinggian air. Selain itu, antarmuka Node-RED memungkinkan pemantauan waktu nyata dan kendali jarak jauh, meningkatkan kegunaan dan mendukung standar Industri 4.0. Meskipun sistem menunjukkan peningkatan stabilitas dan daya tanggap, beberapa osilasi masih terjadi karena gangguan sinyal sensor, yang menunjukkan perlunya teknik penyaringan yang lebih baik.

Kata kunci : *Feedforward-Feedback control, Tuning Fuzzy-PID, Water Level Control, PLC, Internet of Things*

ABSTRACT

Water level control is vital in industrial processes to maintain operational stability and efficiency, especially against varying disturbances like changes in water inflow and outflow. This research proposes a combined feedforward–feedback control system using a Fuzzy-PID algorithm implemented on an Omron CP1H PLC, integrated with an IoT-based Node-RED monitoring interface. The system is designed to improve response accuracy and disturbance recovery in water level control applications. An experimental method was used to evaluate the performance of the proposed control system against conventional single-feedback control under varied disturbance scenarios. The results indicate that the combined control achieved a lower average steady-state error (0.67%) compared to feedback-only control (1.12%), faster recovery time (3 seconds vs. 6.3 seconds), and no overshoot. The integration of flow sensors as feedforward inputs enabled earlier detection and correction of disturbances before they impacted the water level. Additionally, the Node-RED interface allowed real-time monitoring and remote control, enhancing usability and supporting Industry 4.0 standards. While the system demonstrated improved stability and responsiveness, some oscillations remained due to sensor signal noise, suggesting a need for improved filtering techniques.

Keywords : *Feedforward-Feedback control, Tuning Fuzzy-PID, Water Level Control, PLC, Internet of Things*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-4
I.5 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Tinjauan Teori.....	II-1
II.1.1 Sistem Kontrol Proses	II-1
II.1.1.1 Sistem kontrol <i>Loop</i> tertutup (<i>Closed Loop</i>).....	II-1
II.1.1.2 Kontrol Tertutup-Umpun Balik (<i>Closed Loop-Feedback</i>).....	II-2
II.1.1.3 Kontrol Tertutup-Umpun Maju (<i>Closed Loop-Feedforward</i>). ..	II-2
II.1.1.4 Kontrol Tertutup Umpun Maju dan Umpun Balik	II-3
II.1.2 Kontroler <i>Proportional Integral Derivative</i> (PID)	II-4
II.1.3 Respon Transien.....	II-6
II.1.4 Pengukuran Volume, Debit, Tekanan Air	II-7
II.1.5 <i>Fuzzy Logic Controller</i> (FLC)	II-8
II.1.6 <i>Fuzzy</i> – PID	II-10

II.1.7	Kalibrasi Sensor	II-10
II.1.8	<i>Disturbance</i> (Gangguan)	II-11
II.1.9	<i>Internet of Things</i> (IoT).....	II-12
II.1.10	Node-RED.....	II-12
II.2	Tinjauan Alat.....	II-12
II.2.1	<i>Water Level Plant</i>	II-12
II.2.2	<i>Piping and Instrumentation Diagram</i> (P&ID).....	II-14
II.2.3	<i>Programmable Logic Controller</i> (PLC)	II-14
II.2.4	Inverter	II-15
II.2.5	<i>Human Machine Interface</i> (HMI)	II-16
II.2.6	<i>Sensor Level</i>	II-17
II.2.7	<i>Flow Meter Digital</i>	II-17
II.2.8	Motor Pump AC	II-18
II.2.9	Motor Pump DC	II-18
II.2.10	Wireshark	II-19
II.2.11	Ngrok	II-19
II.3	Studi Penelitian Terdahulu	II-19
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH		III-1
III.1	Metode Penelitian.....	III-1
III.2	Gambaran Umum Sistem	III-2
III.3	Perancangan Elektrik	III-3
III.3.1	Perbandingan jenis kontroler yang digunakan	III-3
III.3.2	Pemilihan Komponen Pendukung penelitian	III-4
III.3.3	Perancangan Gambar <i>Wiring diagram</i>	III-5
III.3.4	Daftar Komponen.....	III-5
III.4	Perancangan Mekanik	III-7
III.5	Perancangan Informatik	III-8
III.5.1	Desain <i>Interface Dashboard</i> SCADA Node-RED.....	III-8
III.6	Diagram Alir Sistem	III-10
III.7	Perancangan Sistem Kendali.....	III-11
III.7.1	Diagram Blok Kendali	III-11
III.7.2	Perancangan <i>Fuzzy</i>	III-12

III.7.3 Perancangan Analisis Data.....	III-15
III.7.3.1 Pengujian Sistem Kendali	III-15
III.7.3.2 Pengujian <i>Dashboard</i> SCADA Node-RED	III-16
III.7.3.3 Pengujian Kontrol dan Monitoring SCADA secara IoT	III-16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Hasil Implementasi.....	IV-1
IV.1.1 Hasil Implementasi Rancangan Elektrik.....	IV-1
IV.1.2 Hasil Implementasi Rancangan Mekanik.....	IV-3
IV.1.3 Hasil Implementasi Rancangan Informatik.....	IV-5
IV.1.4 Hasil Implementasi Rancangan Kendali	IV-6
IV.2 Pengujian Sensor dan Aktuator	IV-9
IV.2.1 Pengujian Sensor	IV-9
IV.2.2 Pengujian Aliran Masuk dan Keluar	IV-13
IV.3 Pengujian Sistem Kendali	IV-14
IV.3.1 Pengujian Kendali <i>Fuzzy-PID</i> dan <i>Feedforward</i>	IV-14
IV.3.2 Pengujian Kendali dengan Variasi Gangguan.....	IV-16
IV.4 Pengujian Kontrol dan Komunikasi Data Node-RED	IV-19
IV.4.1 Pengujian Kontrol dan Monitoring HMI Weintek.....	IV-19
IV.4.2 Pengujian Kontrol dan Monitoring SCADA Node-RED.....	IV-20
IV.4.3 Pengujian Kecepatan Komunikasi Data.....	IV-21
IV.4.4 Pengujian <i>Logger</i> Data Excel	IV-22
IV.5 Pengujian Kontrol dan Komunikasi Node-RED secara IoT	IV-23
BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	V-3
LAMPIRAN 1	V-7
LAMPIRAN 2	V-18

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Efek dari Parameter PID.....	II-5
Tabel II. 2 Hubungan antara PID dengan gangguan	II-11
Tabel II. 3 Penelitian Terdahulu.....	II-19
Tabel III. 1 Perbandingan Kontroler PLC Omron	III-4
Tabel III. 2 List Komponen Elektrik.....	III-5
Tabel III. 3 Penjelasan Keterangan Gambar III. 4	III-8
Tabel IV. 1 Tabel Perbandingan <i>Fuzzy</i> -PID pada PLC dan MATLAB.....	IV-7
Tabel IV. 2 Nilai Digital Sensor <i>Level</i>	IV-9
Tabel IV. 3 Pengujian Sensor <i>Level</i>	IV-10
Tabel IV. 4 Nilai Digital Sensor <i>Flow In</i>	IV-10
Tabel IV. 5 Pengujian Sensor <i>Flow In</i>	IV-11
Tabel IV. 6 Nilai Digital Sensor <i>Flow Out</i>	IV-12
Tabel IV. 7 Pengujian Sensor <i>Flow Out</i>	IV-13
Tabel IV. 8 Pengujian Aliran Masuk	IV-14
Tabel IV. 9 Pengujian Aliran Keluar	IV-14
Tabel IV. 10 Parameter <i>Fuzzy</i> -PID	IV-14
Tabel IV. 11 Karakteristik Respon Sistem <i>Single Control</i> [25].....	IV-15
Tabel IV. 12 Karakteristik Respon Sistem <i>Combination Control</i>	IV-16
Tabel IV. 13 Analisis Respon Sistem Terhadap Gangguan <i>Single Control</i>	IV-17
Tabel IV. 14 Analisis Respon Sistem Terhadap Gangguan <i>Combination Control</i>	IV-18
Tabel IV. 15 Kecepatan Transfer Data PLC Fins TCP	IV-21

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Sistem Kontrol Loop Tertutup [14].	II-1
Gambar II. 2 Sistem Kontrol Loop Tertutup Umpan Balik [20].	II-2
Gambar II. 3 Sistem Kontrol Loop Tertutup Umpan Maju [20].	II-3
Gambar II. 4 Kontrol Tertutup Umpan Maju dan Umpan balik [20].	II-3
Gambar II. 5 Struktur Blok Diagram PID [14]	II-4
Gambar II. 6 Respon Transien	II-6
Gambar II. 7 Sistem Kontrol <i>Fuzzy</i> .	II-9
Gambar II. 8 Diagram Blok Kendali <i>Fuzzy</i> -PID.	II-10
Gambar II. 9 Bagian <i>Water Level Plant</i> .	II-13
Gambar II. 10 (P&ID) <i>Water Level Plant</i> .	II-14
Gambar II. 11 PLC OMRON CP1H	II-15
Gambar II. 12 Diagram Blok PLC OMRON CP1H [10].	II-15
Gambar II. 13 Inverter tipe XSY [16].	II-16
Gambar II. 14 HMI Weintek.	II-17
Gambar II. 15 Sensor <i>Liquid Level Transmitter</i>	II-17
Gambar II. 16 Sensor <i>Flow Meter Digital</i>	II-18
Gambar II. 17 Motor Pompa AC.	II-18
Gambar II. 18 Motor Pompa DC.	II-19
Gambar III. 1 <i>Flow Chart</i> Metode Penelitian.	III-1
Gambar III. 2 Gambaran Umum Sistem	III-2
Gambar III. 3 Desain Panel Kontrol [16].	III-7
Gambar III. 4 Tampilan Rancangan Mekanik [16]	III-7
Gambar III. 5 Tampilan Rancangan <i>Interface</i> Node-RED	III-8
Gambar III. 6 Diagram Alir Sistem.	III-10
Gambar III. 7 Diagram Blok Sistem Kendali <i>Single Control</i>	III-11
Gambar III. 8 Diagram Blok Sistem Kendali <i>Combination Control</i>	III-11
Gambar III. 9 Blok <i>Fuzzy</i> PID di MATLAB [16].	III-12
Gambar III. 10 Derajat Keanggotaan <i>Input Error</i> [16].	III-13
Gambar III. 11 Derajat Keanggotaan <i>Input Delta Error</i> [16].	III-13
Gambar III. 12 Derajat Keanggotaan <i>Output Pb</i> .	III-13
Gambar III. 13 Derajat Keanggotaan <i>Output Ti</i>	III-14

Gambar III. 14 Derajat Keanggotaan <i>Output</i> Td	III-14
Gambar III. 15 <i>Rules Fuzzy</i> Kp, Ki, Kd [16] [28].....	III-15
Gambar IV. 1 Tampak Isometri Panel Kontrol.....	IV-1
Gambar IV. 2 Komponen pada Panel Kontrol	IV-2
Gambar IV. 3 Tampak Samping <i>Water Level Plant</i>	IV-3
Gambar IV. 4 Implementasi halaman awal pada HMI Weintek	IV-5
Gambar IV. 5 Implementasi halaman awal pada <i>dashboard</i> Node-RED	IV-5
Gambar IV. 6 Implementasi halaman PIDAT pada Node-RED	IV-6
Gambar IV. 7 Hasil Implementasi <i>Fuzzy-PID</i> pada PLC	IV-7
Gambar IV. 8 Hasil Keluaran <i>Fuzzy-PID</i> pada <i>software</i> MATLAB	IV-7
Gambar IV. 9 Program Kontrol Kombinasi <i>Feedback</i> dan <i>Feedforward</i> pada PLC	IV-8
Gambar IV. 10 Regresi Linear Sensor <i>Level</i>	IV-9
Gambar IV. 11 Regresi Linear Sensor <i>Flow In</i>	IV-11
Gambar IV. 12 Regresi Sensor <i>Flow Out</i>	IV-13
Gambar IV. 13 Pengujian Respon Sistem Kendali	IV-15
Gambar IV. 14 Respon Sistem Terhadap Variasi Gangguan.....	IV-17
Gambar IV. 15 Tampilan Kontrol PID <i>Auto Tuning</i>	IV-19
Gambar IV. 16 Pengujian Monitoring pada <i>dashboard</i> Node-RED.....	IV-20
Gambar IV. 17 Pengujian Monitoring <i>Chart</i> pada <i>dashboard</i> Node-RED	IV-20
Gambar IV. 18 Pengujian mode kontrol <i>Feedforward</i> dan <i>Feedback</i>	IV-21
Gambar IV. 19 Pengujian <i>Logger</i> data ke Excel	IV-22
Gambar IV. 20 Hasil Implementasi secara IoT.....	IV-23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Wiring* Diagram Elektrik

Lampiran 2 *Datasheet* dan *Manual Book*

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

PLC	= <i>Programmable Logic Controller</i>
IoT	= <i>Internet of Things</i>
SCADA	= <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
PID	= <i>Proportional, Integral, Derivative</i>
FLC	= <i>Fuzzy Logic Controller</i>
SISO	= <i>Single Input Single Output</i>
P&ID	= <i>Piping and Instrumentation Diagram</i>
DC	= <i>Direct Circuit</i>
AC	= <i>Alternating Circuit</i>
DA	= <i>Digital Analog</i>
VFD	= <i>Variable Frequency Drive</i>
HMI	= <i>Human Machine Interface</i>
MCB	= <i>Mini Circuit Breaker</i>
PV	= <i>Process Variable</i>
LAN	= <i>Local Area Network</i>
HTML	= <i>Hypertext Markup Language</i>
CSS	= <i>Cascading Style Sheets</i>
mv(t)	= <i>output dari pengontrol PID atau Manipulated Variable</i>
Kp	= konstanta Proporsional
Ti	= konstanta Integral
Td	= konstanta Derivatif
e(t)	= <i>error</i> (selisih antara set point dengan level aktual)
D	= Debit (m ³ /s)
V	= Volume (m ³)
t	= Waktu (s)
P	= Satuan Tekanan (Pascal)
ρ	= Densitas air (1000 kg/m ³)
g	= Percepatan gravitasi (9.81 m/s ²)
h	= Tinggi (m)

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dalam industri kontrol proses seperti pabrik pengolahan air, sistem kontrol ketinggian air digunakan untuk mengontrol dan memproses aliran air. Sistem pengendalian ketinggian air merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas dan hasil produksi [1], [2]. Pengendalian ketinggian air ini bertujuan untuk menjaga kestabilan dan efisiensi operasional [3], [4]. Namun, dalam menjaga kestabilan kendali proses, *disturbance* atau gangguan merupakan suatu masalah yang banyak ditemukan dalam lingkungan industri [5], [6]. Gangguan seperti perubahan aliran masuk dan perubahan laju pengeluaran air bisa menjadi penyebab utama. Gangguan yang bervariasi dapat dengan mudah mempengaruhi respon sistem, menyebabkan kesalahan pengendalian dan ketidakstabilan pada sistem. Oleh karena itu, perlu dan penting untuk melakukan penelitian yang memfokuskan pada pengembangan kontrol yang efisien dan efektif untuk mengatasi gangguan yang bervariasi pada kontrol sistem kontrol air [7], [8], [9].

Proses industri seringkali memerlukan sistem kontrol untuk menjaga variabel seperti air, suhu dan konsentrasi pada nilai yang diinginkan demi alasan keamanan proses dan kualitas produk [5], [10]. Salah satu sistem kontrol yang familiar dalam dunia industri untuk menjaga variabel tersebut adalah menggunakan *Feedback control* [11], [12]. *Feedback control* merupakan sistem kontrol yang akan mengoreksi kesalahan untuk mengembalikan keluaran ke kondisi yang diinginkan/*setpoint*. Ini berarti, ketika ada gangguan pada sistem, *Feedback control* akan bekerja ketika nilai *Process Variable* (PV) menjauh dari *setpoint*. Sementara untuk menjaga variabel utama seperti air dari gangguan perlu adanya pengontrol ekstra yang tugasnya mendorong nilai *Process Variable* (PV) menuju kembali ke *setpoint*. Dalam kondisi ini, *Feedforward control* merupakan kontrol yang dapat mengatasi gangguan terukur sebelum nilai PV yang menjauh dari *setpoint* [11]. Dengan demikian, gangguan akan dikoreksi lebih cepat sebelum menuju *Plant Water Level* [12], [13]. Pada rujukan penelitian terdahulu, kestabilan yang diperoleh antara *single control* dengan *feedforward feedback control* setelah diberikan gangguan

berupa uap panas selama 12 detik lebih cepat pada *feedforward feedback control* [12]. Dengan mengkombinasikan kedua kontrol diatas, dapat mengantisipasi masalah dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan seperti pada penelitian terdahulu [14]. Gangguan yang sebelumnya tidak diketahui jumlahnya dengan kombinasi kontrol ini dapat meningkatkan kinerja yang lebih cepat untuk kembali ke *setpoint* dan dapat mengurangi penggunaan Motor AC sebagai aktuator agar bekerja lebih efektif [14], [15]. Penelitian ini akan melengkapi penelitian sebelumnya dalam konteks kontrol *Feedforward* pada kendali *Fuzzy PID* serta menerapkannya pada PLC Omron CP1H sebagai kontrol.

Dalam penelitian sebelumnya, sistem kontrol yang digunakan adalah *Feedback control* dan sensor *Level Transmitter* sebagai *Input* untuk mengetahui nilai PV dan menggunakan kontrol logika terprogram yaitu *Programmable Logic Controller* (PLC) [3]. Penelitian tersebut menggunakan kendali *Tuning Fuzzy Logic* sebagai pengendali *Proportional, Integral, Derivative* (PID) dan metode *PID Tuning Ziegler-Nichols* sebagai kendali dan keluaran pompa DC yang bisa diatur kecepatannya dari *Output* (DA) PLC resolusi 0-6000 yang dikonversi menjadi 0-100% sebagai variasi gangguan. Analisis menunjukkan bahwa implementasi *Fuzzy Logic* menghasilkan respon yang superior, ditandai dengan *overshoot* yang minimal dan *settling time* yang lebih singkat, yaitu rata-rata 17,23 detik. Kontrol PID yang menunjukkan *settling time* rata-rata 78,4 detik dan adanya *overshoot*. Meskipun demikian, *Fuzzy-PID* memiliki kelemahan pada *rise time* yang sedikit lebih lambat, sekitar 1 hingga 2 detik, jika dibandingkan dengan kendali PID [3], [16].

Berdasarkan studi literatur terdahulu, maka tujuan penelitian ini yaitu menghadirkan keterbaruan yaitu *Combination Control* dengan penambahan sensor *flow* sebagai *Feedforward control* dan *modeling* pada *plant water level* dengan pendekatan identifikasi sistem menggunakan PLC sebagai kontrol berbasis IoT SCADA dengan Node-RED [15], [17]. Berdasarkan jurnal terdahulu kendali PID lebih cocok untuk sistem *Single Input Single Output* (SISO) [18] dan penelitian ini akan menggunakan *Fuzzy PID* [9] karena mengacu pada penelitian sebelumnya. Penelitian ini, diharapkan dapat mengatasi masalah kendali proses seperti kestabilan (*error steady state*), kestabilan proses sistem kontrol terhadap perubahan gangguan dan penambahan *Human Machine Interface* (HMI) sebagai antarmuka

dengan operasi alat. Oleh karena itu, penelitian terhadap perkembangan ini perlu dilakukan agar selanjutnya dapat diimplementasikan juga di lingkungan industri dan khususnya di lingkungan Jurusan *Automation Engineering* Polman Bandung. Melalui penelitian ini, diharapkan menjadi awal implementasi sistem kontrol terbaru pada Laboratorium Jurusan *Automation Engineering* Polman Bandung dan menjadi media pembelajaran yang ada dapat menyesuaikan dengan situasi perkembangan otomasi industri saat ini.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, berikut rumusan masalah yang dapat diidentifikasi dalam beberapa pernyataan berikut.

1. Bagaimana hasil rancangan sistem kontrol *Feedforward* dan *Feedback* pada *Water Level Plant* menggunakan PLC?
2. Bagaimana hasil pengaruh gangguan pada *Water Level Plant* dengan sistem kontrol *Feedforward* dan *Feedback* dengan metode Fuzzy PID?
3. Bagaimana implementasi IoT untuk *monitoring*, akuisisi data dan *controlling* pada *Water Level Plant*?
4. Bagaimana hasil rancangan *dashboard* SCADA menggunakan Node-RED pada *Water Level Plant*?

I.3 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar dapat dibahas lebih spesifik maka dibentuk beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Pembuatan Kendali pada *Water Level Plant* dengan sistem kontrol *Feedforward* dan *Feedback* dengan metode tuning *Fuzzy* PID menggunakan PLC OMRON CP1H.
2. Menggunakan Blok PID pada PLC OMRON CP1H.
3. Berfokus pada percobaan sistem kontrol *Feedforward* dan *Feedback* berbasis PLC HMI yang dikomunikasikan ke sistem IoT yaitu Node-RED.
4. Protokol komunikasi yang digunakan dari PLC ke PC yaitu Fins TCP/IP.
5. Penelitian dilakukan pada jaringan *Local Area Network* (LAN) dan *Hosting* yang dilakukan menggunakan NGROK dan tidak membahas keamanan jaringan.

6. Pemrograman menggunakan CX-PROGRAMMER dan HMI sebagai *device* antarmuka.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari pembuatan penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengimplementasikan sistem kontrol *Feedforward* dan *Feedback* pada *Water Level Plant* berbasis PLC HMI dan IoT dengan metode *Fuzzy PID*.
2. Melihat pengaruh sistem terhadap gangguan pada tangki yaitu berupa keluaran air tangki yang bisa diukur dengan sensor *Flowmeter*.
3. Mempermudah Akuisisi data SCADA IoT dengan menggunakan Node-RED.
4. Memudahkan *Monitoring Plant* jarak jauh secara IoT.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memaksimalkan kestabilan performa sistem dengan gangguan yang bervariasi.
2. Sebagai media pembelajaran sistem kontrol proses.
3. Memudahkan dalam proses akuisisi dan komunikasi data.
4. Memudahkan *Controlling* dan *Monitoring Plant* secara keseluruhan dengan sistem IoT.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi penyajian data, hasil temuan dan pembahasan, analisis mengenai temuan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, berisi ringkasan singkat mengenai seluruh penelitian dan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.