

**OPTIMALISASI PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR DENGAN
LOGIKA FUZZY DAN PENGEMBANGAN *WIRELESS* SENSOR
MENGUNAKAN LORA PADA *PLANT LABVOLT* 3531 BERBASIS
SCADA**

Tugas Akhir

disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan

oleh

Ilyasa Setia Bhakti

221441035



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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul
**OPTIMALISASI PENGENDALIAN KETINGGIAN AIR DENGAN LOGIKA FUZZY
DAN PENGEMBANGAN *WIRELESS* SENSOR MENGGUNAKAN LORA PADA
PLANT LABVOLT 3531 BERBASIS SCADA**

Oleh:

Ilyasa Setia Bhakti

221441035

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan
Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 7 Agustus 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Hadi Supriyanto, S.T, M.T.

NIP. 196911081993031000

Pembimbing II,



M. Nursyam Rizal, S.Tr.T, M.Sc

NIP. 199503012024061001

Disahkan,

Penguji I,



Nur Wisma Nugraha, S.T.,

M.T.

NIP. 197406092003121002

Penguji II,



Dr. Susetvo Bagas Bhaskoro,

S.ST., M.T.

NIP. 198706222015041002

Penguji III,



Hilda Khoirunnisa S.Tr.T.

M.Sc.Eng

NIP. 199704192022032012

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Ilyasa Setia Bhakti
NIM : 221441035
Jurusan : Teknik Rekayasa Otomasi dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Optimalisasi Pengendalian Ketinggian Air dengan Logika Fuzzy dan Pengembangan *Wireless* Sensor Menggunakan LoRa pada *Plant Labvolt 3531* Berbasis SCADA

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 : 22-07-2025
Yang Menyatakan,

(Ilyasa Setia Bhakti)
NIM 221441035

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

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

Nama : Ilyasa Setia Bhakti
NIM : 221441035
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika
Program Studi : Teknologi Rekayasa Otomasi
Jenjang Studi : Diploma 4
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Optimalisasi Pengendalian Ketinggian Air dengan Logika Fuzzy dan Pengembangan *Wireless* Sensor Menggunakan LoRa pada *Plant Labvolt 3531* Berbasis SCADA

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan 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 : 22-07-2025
Yang Menyatakan,

(Ilyasa Setia Bhakti)
NIM 221441035

MOTTO PRIBADI

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

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Optimalisasi Pengendalian Ketinggian Air dengan Logika Fuzzy dan Pengembangan *Wireless* Sensor Menggunakan LoRa pada *Plant Labvolt* 3531 Berbasis SCADA”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun material baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

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 Otomasi, Ibu Nuryanti, S.T., M.Sc.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Hadi Supriyanto, S.T, M.T dan Bapak M. Nursyam Rizal, S.Tr.T, M.Sc
5. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Nur Wisma Nugraha, S.T., M.T., Bapak Dr. Susetyo Bagas Bhaskoro, S.ST., M.T., dan Ibu Hilda Khoirunnisa S.Tr.T.,M.Sc.Eng.

6. Panitia tugas akhir Bapak Rizqi Aji Pratama, M.Pd., Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Bapak Sarosa Castrena Abadi, S.Pd., M.T., Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng., Bapak Mohammad Harry Khomas Saputra, S.T., M.T, Bapak M. Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan Ibu Anggraeni Mulyadewi, S.Si., M.T.
7. Teristimewa kepada Orang Tua penulis Ibu Rohana dan Bapak Ade Harmaen yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Untuk orang tua asuh penulis Ibu Iis Nurbaeti dan Alm Bapak Dodo yang telah telah mengurus, mendidik penulis dengan penuh kasih sayang.
9. Untuk kakak penulis yang telah mendukung secara moral dan memberikan semangat.
10. Untuk teman seperjuangan Kelas 4 AEB-2 dan Angkatan 21.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 22 April 2025

Penulis

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada optimalisasi sistem pengendalian ketinggian air pada *Plant LabVolt 3531*. Latar belakang penelitian ini adalah perlunya peningkatan performa kendali fuzzy, yang pada studi terdahulu di *plant* yang sama menunjukkan kelemahan signifikan pada parameter *rise time*, ketidakmampuan kembali ke kondisi tunak (*steady state*) setelah gangguan, serta keterbatasan akibat penggunaan koneksi kabel konvensional. Sebagai solusi, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kendali fuzzy guna mencapai respons sistem yang lebih baik, mengimplementasikan sensor nirkabel berbasis LoRa untuk transmisi data yang efisien, dan mengembangkan sistem SCADA dengan fitur multi-pengguna untuk meningkatkan fleksibilitas serta keamanan pemantauan. Penelitian ini mengadopsi model *waterfall* sebagai metode yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali fuzzy yang dioptimalkan mampu beradaptasi terhadap perubahan *setpoint* dan gangguan beban pompa hingga 90% dengan menjaga kestabilan dan akurasi. Nilai *overshoot* dan *error steady-state* yang berada dalam batas toleransi yang sangat baik mengonfirmasi peningkatan signifikan dibandingkan implementasi sebelumnya, di mana sistem kini berhasil kembali ke kondisi tunak setelah adanya gangguan. Implementasi sensor nirkabel menggunakan LoRa juga terbukti andal, dengan jangkauan efektif mencapai 120 meter pada kondisi elevasi yang lebih tinggi.

Kata Kunci: Logika fuzzy, SCADA, PLC, Ketinggian Air, Sensor Nirkabel, LoRa

ABSTRACT

This research focuses on the optimization of a water level control system on the LabVolt 3531 plant. The background of this study is the need to improve the performance of fuzzy control, which in previous research on the same plant showed significant weaknesses in the rise time parameter, an inability to return to a steady state after a disturbance, and limitations due to the use of conventional wired connections. As a solution, this study aims to optimize the fuzzy control to achieve a better system response, implement a LoRa-based wireless sensor for efficient data transmission, and develop a SCADA system with multi-user features to enhance monitoring flexibility and security. The research adopts the waterfall model as its methodology, which includes requirements analysis, system design, implementation, and testing. The test results show that the optimized fuzzy control system is capable of adapting to setpoint changes and pump load disturbances of up to 90% while maintaining stability and accuracy. Excellent overshoot and steady-state error values confirm a significant improvement over the previous implementation, as the system is now able to successfully return to a steady state after a disturbance. The implementation of a wireless sensor using LoRa also proved to be reliable, with an effective range of up to 120 meters under higher elevation conditions.

Keywords: *Fuzzy logic, SCADA, PLC, Water Level, Wireless Sensor, LoRa*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	i
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Rumusan Masalah	I-2
I.3 Batasan Masalah.....	I-2
I.4 Tujuan dan Manfaat	I-2
I.5 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
II.1 Tinjauan Teori	II-1
II.1.1 Sistem Kendali	II-1
II.1.1.1 Sistem Kendali Tertutup	II-1
II.1.1.2 Respon Waktu (<i>Transient</i>)	II-2
II.1.1.3 Logika Fuzzy.....	II-4
II.1.1.4 Metode Sugeno	II-5
II.1.2 <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> (SCADA).....	II-7
II.1.3 Protokol Komunikasi	II-9
II.1.3.1 HART	II-9
II.1.3.2 MODBUS.....	II-10
II.2 Tinjauan Alat.....	II-11

II.2.1	<i>Plant LabVolt 3531 Festo</i>	II-11
II.2.2	<i>Radar Level Transmitter</i>	II-15
II.2.3	<i>Differential-Pressure Transmitter</i>	II-16
II.2.4	<i>Flowmeter</i>	II-17
II.2.5	<i>PLC Siemens S7-1200</i>	II-18
II.2.6	<i>Inverter / VFD</i>	II-19
II.2.7	<i>LoRa</i>	II-20
II.2.8	<i>ESP32</i>	II-21
II.3	<i>Studi Penelitian Terdahulu</i>	II-22
BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....		III-1
II.1	<i>Analisis Kebutuhan Sistem</i>	III-1
III.1	<i>Perancangan Sistem</i>	III-2
III.1.1	<i>Gambaran Umum Sistem</i>	III-2
III.1.2	<i>Perancangan Sistem Kontrol</i>	III-3
III.1.3	<i>Perancangan Inferensi Fuzzy</i>	III-6
III.1.3.1	<i>Derajat Keanggotaan Input Error Level</i>	III-6
III.2.2.2	<i>Derajat Keanggotaan Input Sensor Flowmeter</i>	III-10
III.2.2.3	<i>Basis Aturan (Rules) Fuzzy</i>	III-13
III.1.4	<i>Diagram Alir Sistem</i>	III-17
III.1.5	<i>Perancangan Interface</i>	III-19
III.1.6	<i>Tampilan Kontrol</i>	III-20
III.1.7	<i>Tampilan Grafik</i>	III-20
III.2	<i>Implementasi Sistem</i>	III-21
III.3	<i>Pengujian Sistem</i>	III-21
III.4.1	<i>Pengujian Sensor</i>	III-22
III.4.2	<i>Pengujian Sistem Kendali</i>	III-23
III.4.3	<i>Pengujian Komunikasi Data</i>	III-23
III.4	<i>Deployment (penerapan)</i>	III-25
III.5	<i>Pemeliharaan (maintenance)</i>	III-25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		IV-1
IV.1	<i>Hasil Implementasi</i>	IV-1
IV.2	<i>Implementasi Sistem SCADA</i>	IV-2

IV.2.1	Halaman Login Pengguna	IV-2
IV.2.2	Tampilan Kontrol	IV-4
IV.2.3	Tampilan Grafik	IV-6
IV.3	Pengujian Akurasi dan Presisi Sensor	IV-6
IV.3.1	Pengujian Sensor Radar Level	IV-7
IV.3.1.1	Perbandingan Sinyal Arus dan Pengukuran Penggaris dengan Regresi Linear	IV-7
IV.3.1.2	Perbandingan pembacaan PLC dan pengukuran aktual	IV-9
IV.3.2	Pengujian Sensor Pressure	IV-10
IV.3.2.1	Perbandingan Sinyal Arus dan Pengukuran Penggaris dengan Regresi Linear	IV-11
IV.3.2.2	Perbandingan Pembacaan PLC dan Pengukuran Penggaris ..	IV-13
IV.3.3	Pengujian Sensor Flowmeter	IV-14
IV.3.3.1	Perbandingan Pulsa dan Pengukuran Aktual Sensor dengan Regresi Linear	IV-14
IV.3.3.2	Perbandingan Pengukuran Aktual dan Display Sensor	IV-16
IV.4	Analisis Hasil Pengujian Sensor	IV-17
IV.4.1	Implementasi Pengujian Sistem Kendali	IV-18
IV.4.2	Implementasi Pengujian Sistem Kendali <i>Rise time</i>	IV-19
IV.4.3	Implementasi Pengujian Sistem Kendali <i>Settling time</i>	IV-21
IV.4.4	Implementasi Pengujian Sistem Kendali Lewatan Maksimum (Maximum Overshoot).....	IV-23
IV.4.5	Implementasi Pengujian Sistem Kendali Galat Kondisi Tunak (<i>Error Steady-State</i>)	IV-25
IV.4.6	Implementasi Pengujian Sistem Kendali Terhadap Keadaptifan Sistem	IV-26
IV.4.6	Implementasi Pengujian Sistem Kendali Terhadap Perubahan Gangguan	IV-27
IV.4.7	Perbandingan kendali dengan penelitian terdahulu	IV-29
IV.4.7.1	Analisis Perbandingan Respon Sistem	IV-29
IV.4.7.1	Analisis Perbandingan <i>Rise time</i>	IV-30
IV.4.7.2	Analisis Perbandingan <i>Settling time</i>	IV-31

IV.4.7.2 Analisis Perbandingan Lewatan Maksimum (Maximum Overshoot).....	IV-33
IV.4.7.2 Analisis Perbandingan Galat Kondisi Tunak (<i>Error Steady-State</i>)	IV-34
IV.6 Pengujian Komunikasi data	IV-36
IV.5.1 Pengujian Komunikasi Sensor Pressure.....	IV-36
IV.5.2 Pengujian Komunikasi LoRa	IV-37
IV.5.2.1 Pengujian Kondisi Datar	IV-37
IV.5.2.2 Pengujian Kondisi Elevasi Lebih Tinggi	IV-38
BAB V PENUTUP.....	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran.....	V-1
DAFTAR PUSTAKA	V-2
LAMPIRAN.....	V-6
Lampiran 1 <i>Wiring</i> Diagram Elektrik	V-6
Lampiran 2 Design Panel dan tata letak komponen.....	V-9
Lampiran 3 Desain Modul <i>Wireless</i> sistem	V-10
Lampiran 4 Implementasi Panel Kontro	V-1
Lampiran 5 Implementasi wiring panel	V-1
Lampiran 6 Data Scalling dan Regresi Sensor.....	V-1

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Radar Level Transmitter	II-16
Tabel II. 2 Spesifikasi Differential-Pressure Transmitter	II-17
Tabel II. 3 Spesifikasi Electromagnetic Flow Transmitter	II-18
Tabel II. 4 Spesifikasi Inverter	II-20
Tabel III.1 Analisis Kebutuhan Sistem.....	III-2
Tabel IV. 1 Perbandingan Pulsa dan Display Sensor flowmeter	IV-14
Tabel IV. 2 Pengujian Rise time	IV-19
Tabel IV. 3 Pengujian Ssettling time	IV-21
Tabel IV. 4 Pengujian Maximum Overshoot	IV-24
Tabel IV. 5 Pengujian Error Steady state.....	IV-25
Tabel IV. 6 Hasil Rise time Penelitian Terdahulu	IV-30
Tabel IV. 7 Hasil Pengujian Rise time Penelitian Saat Ini	IV-30
Tabel IV. 8 Hasil Settling time Penelitian Terdahulu	IV-31
Tabel IV. 9 Hasil Pengujian Settling time Penelitian Saat Ini	IV-32
Tabel IV. 10 Hasil Maximum Overshoot Penelitian Terdahulu	IV-33
Tabel IV. 11 Hasil Pengujian Maximum Overshoot Penelitian Saat Ini	IV-33
Tabel IV. 12 Hasil Error Steady state Penelitian Terdahulu	IV-34
Tabel IV. 13 Hasil Pengujian Error Steady state Penelitian Saat Ini	IV-35
Tabel IV. 14 hasil pengujian delay sensor pressure	IV-36
Tabel IV. 15l hasil pengujian komunikasi data LoRa kondisi datar	IV-37
Tabel IV. 16 hasil pengujian komunikasi data LoRa kondisi elevasi lebih tinggi	IV-38

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Blok Diagram Closed Loop.....	II-1
Gambar II. 2 Respon transient (waktu)[13]	II-2
Gambar II. 3 Diagram sistem kendali tertutup.....	II-4
Gambar II. 4 Differential-Pressure Transmitter	II-16
Gambar II. 5 Water flow sensor.....	II-17
Gambar II. 6 PLC Siemens S7-1200.....	II-18
Gambar II. 7 Konfigurasi PLC Siemens S7-1200.....	II-19
Gambar II. 8 Inverter Fuji Frenic Type FRN0005C2S-4A.....	II-19
Gambar II. 9 LoRa RFM9X.....	II-20
Gambar II. 10 ESP32	II-21
Gambar III. 1 Metodologi Waterfall [34]	III-1
Gambar III. 2 Gambaran Umum Sistem	III-3
Gambar III. 3 Blok Diagram Kontrol.....	III-4
Gambar III. 4 P&ID sistem	III-5
Gambar III. 5 Gambaran Rancangan Fuzzy Logic yang Dignnakan.....	III-6
Gambar III. 6 Derajat Keanggotaan Error Level	III-7
Gambar III. 7 Derajat Keanggotaan sensor pressure	III-10
Gambar III. 8 Gambar Rules Fuzzy	III-13
Gambar III. 9 Diagram Alir Sistem.....	III-18
Gambar III. 10 Diagram Alir Interface	III-19
Gambar III. 11 Rancangan Tampilan Kontrol	III-20
Gambar III. 12 Rancangan Tampilan Grafik	III-21
Gambar IV. 1 Implementasi Alat.....	IV-1
Gambar IV. 2 Tampilan Login SCADA	IV-2
Gambar IV. 3 Tampilan Kontrol SCADA	IV-4
Gambar IV. 4 Tampilan Grafik SCADA	IV-6
Gambar IV. 5 Gambar Perbandingan Arus dan Pengukuran Aktual	IV-7

Gambar IV. 6 Perbandingan Sinyal Arus dan Pengukuran Penggaris dengan Regresi Linear Sensor Radar Level.....	IV-8
Gambar IV. 7 Nilai Error Sensor Radar.....	IV-10
Gambar IV. 8 Perbandingan Sinyal Arus dan Pengukuran Aktual Level.....	IV-11
Gambar IV. 9 Perbandingan Sinyal Arus dan Pengukuran Penggaris dengan Regresi Linear Sensor Pressure.....	IV-12
Gambar IV. 10 Nilai Error Sensor Pressure.....	IV-13
Gambar IV. 11 Perbandingan Pembacaan Pulse dan Pengukuran aktual dengan Regresi Linear Sensor Flowmeter.....	IV-15
Gambar IV. 12 Nilai Error Sensor Flowmeter.....	IV-16
Gambar IV. 13 Karakteristik Rise time.....	IV-20
Gambar IV. 14 Grafik Karakteristik Settling time.....	IV-22
Gambar IV. 15 Grafik Karakteristik Maximum Overshoot.....	IV-24
Gambar IV. 16 Grafik Karakteristik Error Steady state.....	IV-26
Gambar IV. 17 grafik kendali terhadap perubahan setpoint.....	IV-27
Gambar IV. 18 grafik kendali terhadap perubahan disturbance.....	IV-28
Gambar IV. 19 perubahan disturbance.....	IV-28

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain Modul <i>Wireless</i> Sistem.....	V-6
Lampiran 2 Desain Panel dan Tata Letak Komponen.....	V-9
Lampiran 3 Desain Modul <i>Wireless</i> Sistem.....	V-10
Lampiran 4 Implementasi Panel Kontrol.....	V-11
Lampiran 5 Implementasi Wiring Panel.....	V.11
Lampiran 6 Data Regresi Scalling Sensor.....	V-11

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Daftar Simbol

ε = Sinyal Galat (*Error Signal*)

$\mu(x)$ = Fungsi Keanggotaan Fuzzy (*Fuzzy Membership Function*)

R^2 = Koefisien Determinasi (*Coefficient of Determination*)

t_d = Waktu Tunda (*Delay Time*)

t_r = Waktu Naik (*Rise time*)

t_p = Waktu Puncak (*Peak Time*)

M_p = Lewatan Maksimum (*Maximum Overshoot*)

t_s = Waktu Tunak (*Settling time*)

Daftar Singkatan

BW = *Bandwidth*

CSS = *Chirp Spread Spectrum*

DCS = *Distributed Control System*

DP = *Differential-Pressure*

ESS = *Error Steady-State*

GSM = *Global System for Mobile Communication*

HART = *Highway Addressable Remote Transducer*

HMI = *Human Machine Interface*

HKI = Hak Kekayaan Intelektual

IPA = Instalasi Pengolahan Air

IoT = *Internet of Things*

LoRa = *Long Range*

LRL = *Lower Range Limit*

LT = *Level Transmitter*

MAPE = *Mean Absolute Percentage Error*

MTU = *Master Terminal Unit*

PID = *Proportional-Integral-Derivative*

PLC = *Programmable Logic Controller*

PT = *Pressure Transmitter*

PWM = *Pulse Width Modulation*

RTU = *Remote Terminal Unit*

SCADA = *Supervisory Control and Data Acquisition*

SF = *Spread Factor*

THD = *Total Harmonic Distortion*

URL = *Upper Range Limit*

VFD = *Variable Frequency Drive*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan fundamental yang sangat vital bagi kehidupan manusia dan menjadi komponen krusial dalam berbagai proses di industri maupun Instalasi Pengolahan Air (IPA) [1], [2]. Untuk menjamin kelancaran operasional pada sistem tersebut, pengendalian tingkat ketinggian cairan di dalam tangki atau bak penyimpanan memegang peranan yang sangat penting. Ketinggian cairan ini harus senantiasa dipertahankan pada level tertentu untuk memastikan volume air yang tersedia selalu mencukupi kebutuhan proses. Ketinggian yang berada di bawah batas minimum dapat mengganggu kontinuitas proses, sementara kelebihan cairan dapat menyebabkan limpahan dan pemborosan [3]. Kompleksitas dalam menjaga level air ini semakin bertambah ketika dihadapkan pada kendala infrastruktur. Pada banyak instalasi pengolahan air, jarak antar unit plant yang berjauhan, proses pengiriman data untuk sistem pemantauan dan pengendalian menjadi sulit karena ketergantungan pada sistem kabel konvensional yang memerlukan bentangan sangat panjang [4], [5]. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem yang tidak hanya mampu menjaga ketinggian cairan secara presisi, tetapi juga andal dalam mengatasi kendala pengiriman data pada jarak yang jauh [6].

Menyoroti tantangan tersebut, sebuah studi terdahulu pada plant LabVolt 3531 telah mengkaji implementasi kendali, namun menunjukkan beberapa keterbatasan. Dari sisi metode kendali, penerapan Logika Fuzzy menunjukkan kelemahan signifikan pada parameter rise time. Pada seluruh setpoint pengujian, kendali Fuzzy secara konsisten membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai target jika dibandingkan dengan kendali PID. Sebagai contohnya, pada setpoint 40 cm, Fuzzy membutuhkan 50 detik, sementara PID mampu mencapainya hanya dalam 36 detik [7]. Meskipun demikian, Logika Fuzzy tetap dipilih untuk dioptimalkan karena potensinya yang superior dalam menangani sistem non-linear dan kompleks di dunia nyata, sebuah area di mana kendali PID yang kaku seringkali tidak memadai [8], [9]. Lebih lanjut, keterbatasan pada studi tersebut juga terletak pada infrastruktur fisiknya, sistem masih bergantung sepenuhnya pada koneksi kabel

konvensional yang membatasi fleksibilitas instalasi dan menghambat implementasi pengendalian jarak jauh secara efektif.

Menjawab serangkaian permasalahan tersebut, penelitian ini akan berfokus pada upaya optimasi kendali Logika Fuzzy menggunakan PLC Siemens S7-1200 untuk mendapatkan respon sistem yang lebih presisi pada plant LabVolt 3531. Di samping itu, untuk mengatasi kendala komunikasi jarak jauh, akan dikembangkan pula teknologi pengiriman data nirkabel (*wireless*) berbasis LoRa sebagai solusi yang lebih efektif dan andal dibandingkan sistem kabel konvensional.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, ditentukan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem kendali presisi yang dapat mengatasi potensi gangguan dan perubahan beban dinamis demi menjaga kestabilan level air?
2. Bagaimana rancangan sistem komunikasi data nirkabel (*wireless*) yang efektif dan andal untuk mengatasi kendala jarak antar unit plant, sebagai alternatif dari sistem kabel konvensional?

I.3 Batasan Masalah

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

1. Maksimal pembacaan flowmeter yaitu 1 liter per detik.
2. Maksimal pembacaan ketinggian air yaitu 80 cm.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari pembuatan penelitian ini sebagai berikut.

1. Merancang dan mengoptimalkan sistem kendali Logika Fuzzy untuk mendapatkan respon pengendalian ketinggian air yang presisi dan andal pada plant LabVolt 3531.
2. Membangun dan mengimplementasikan sistem komunikasi data nirkabel (*wireless*) berbasis LoRa sebagai solusi yang efektif untuk mengatasi kendala pengiriman data pemantauan dan pengendalian pada jarak yang jauh.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan penerapan praktis di industri. Secara keilmuan, penelitian ini akan memperkaya wawasan mengenai optimasi kendali Logika Fuzzy serta implementasi teknologi komunikasi LoRa untuk aplikasi otomatisasi industri. Hasil utamanya akan berupa sebuah prototipe sistem kendali jarak jauh yang dapat menjadi solusi alternatif yang lebih efisien dan andal bagi industri dalam mengatasi kendala pemantauan di lokasi yang sulit dijangkau. Pada akhirnya, keseluruhan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi berharga bagi para akademisi, mahasiswa, maupun praktisi lain yang tertarik pada pengembangan sistem kendali cerdas dan komunikasi nirkabel di masa depan.

I.5 Sistematika Penulisan

Sistematika Karya Tulis Ilmiah 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 PENELITIAN, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi realisasi dan pemaparan hasil pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran pengembangan dari TA untuk peneliti selanjutnya.