



© 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



**IMPLEMENTASI MODBUS I/O DAN WEB-HMI PADA
SIMULATOR
OLTC SISTEM OTOMASI GARDU INDUK**

TUGAS AKHIR

Azhari Darmawan

2203411003

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
(2026)**



© 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



**Implementasi Modbus I/O dan Web HMI pada Simulator OLTC
Sistem Otomasi Gardu Induk**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Empat**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Azhari Darmawan

2203411003

PROGAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

(2026)



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Azhari Darmawan

NIM : 2203411003

Tanda Tangan : 

Tanggal : 03 Juli 2026



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

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Azhari Darmawan
NIM : 2203411003
Progam Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri
Judul Tugas Akhir : Implementasi Modbus I/O dan Web HMI pada
Simulator OLTC Sistem Otomasi Gardu Induk

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada Jumat, 03 Juli 2026 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T.
NIP. 199107132020122013

Pembimbing II : Ir. Danang Widjajanto, M.T.
NIP. 196609012000121001

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**
Depok, 17 Juli 2026
Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.
NIP. 197803312003122002

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Sarjana Terapan Politeknik.

Tugas akhir ini membahas implementasi Modbus I/O dan Web-HMI pada simulator On Load Tap Changer (OLTC) untuk sistem otomasi gardu induk. Simulator dirancang menggunakan modul Modbus Remote I/O sebagai media akuisisi data, Node-RED sebagai pengolah logika kontrol, dan FUXA sebagai platform Web-HMI, sehingga mampu merepresentasikan operasi Raise dan Lower, posisi tap, status Binary Code Digital (BCD) 5-bit, serta sinyal analog 4-20 mA. Pengujian dilakukan terhadap fungsi logika kontrol, akurasi keluaran analog, dan performa komunikasi Modbus TCP pada beberapa variasi polling time, dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai rancangan serta mampu mendukung proses monitoring, validasi fungsi, dan Quality Control pada panel Remote Control Panel (RCP) sebelum digunakan pada kondisi operasi yang sebenarnya. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr, Murie Dwiyanti, S.T., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Dezetty Monika, S.T., M.T selaku Ketua Progam Studi Teknik Otomasi Listrik Industri.
3. Bapak Ir. Danang Widjajanto, S.T., M.T dan Ibu Arum Kusuma Wardhany, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, Tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dan membimbing penulisan Skripsi.
4. PT Siemens Indonesia, khususnya mentor dan kepala divisi *Quality Control Protection & Automation* (QC PA), yang telah memberikan kesempatan dan dukungan dalam pelaksanaan penelitian.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do'a dan dukungan.



© 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

6. Serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam kelancaran penyusunan laporan Skripsi ini.

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

Depok, 03 Juli 2026

Azhari Darmawan





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

Implementasi Modbus I/O dan Web HMI pada Simulator OLTC Sistem Otomasi Gardu Induk

ABSTRAK

Pengujian panel kontrol dan proteksi pada sistem otomasi gardu induk memerlukan media simulasi yang mampu merepresentasikan fungsi operasi peralatan secara aman dan efisien sebelum proses commissioning. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan Modbus I/O dan Web-HMI pada simulator On Load Tap Changer (OLTC) sebagai media pengujian, validasi fungsi kontrol, monitoring, dan komunikasi data pada panel Remote Control Panel (RCP). Sistem dibangun menggunakan Modbus Remote I/O sebagai media akuisisi data, Node-RED sebagai pengolah logika kontrol, dan FUXA sebagai platform Web-HMI. Simulator mampu merepresentasikan operasi Raise dan Lower, posisi tap, keluaran Binary Code Digital (BCD) 5-bit, serta sinyal analog 4–20 mA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi Raise dan Lower bekerja sesuai logika dengan rentang operasi tap 0–17. Pengujian keluaran BCD 5-bit menunjukkan seluruh 18 posisi tap (0–17) menghasilkan kombinasi bit berbobot 1–2–4–8–10 yang sesuai dengan tabel mapping sehingga diperoleh akurasi 100% tanpa kesalahan kombinasi bit. Sementara itu, pengujian keluaran analog 4–20 mA menggunakan Fluke 705 Process Calibrator menunjukkan deviasi keluaran hanya sebesar +0,008 hingga +0,009 mA, dengan rata-rata error 0,0085 mA (0,053% span) dan error maksimum 0,009 mA (0,056% span), sehingga keluaran Analog Output memenuhi kebutuhan simulasi sistem OLTC. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi Modbus Remote I/O, Node-RED, dan FUXA mampu menghasilkan sistem monitoring dan pengendalian yang akurat, stabil, dan layak digunakan sebagai media pengujian, validasi fungsi, serta pendukung proses Quality Control pada sistem otomasi gardu induk.

Kata Kunci: FUXA, Gardu Induk, Modbus Remote I/O, Modbus TCP/IP, Node-RED, OLTC, Web-HMI.



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

Implementation of Modbus I/O and Web HMI on an OLTC Simulator for a Substation Automation System

ABSTRAK

Testing control and protection panels for substation automation systems requires a simulation tool capable of safely and efficiently representing equipment operations prior to commissioning. This study aims to implement Modbus I/O and a Web-HMI within an On-Load Tap Changer (OLTC) simulator to serve as a medium for testing and validating control functions, monitoring capabilities, and data communication for Remote Control Panels (RCP). The system utilizes Modbus Remote I/O for data acquisition, Node-RED for control logic processing, and FUXA as the Web-HMI platform. The simulator is capable of representing "Raise" and "Lower" operations, tap positions, 5-bit Binary Coded Decimal (BCD) outputs, and 4–20 mA analog signals. Test results demonstrate that the "Raise" and "Lower" functions operate according to the logic across a tap range of 0–17. Testing of the 5-bit BCD output confirms that all 18 tap positions (0–17) generate bit combinations based on the 1–2–4–8–10 weighting scheme that align with the mapping table, achieving 100% accuracy with no bit combination errors. Meanwhile, testing of the 4–20 mA analog output using a Fluke 705 Process Calibrator reveals an output deviation of only +0.008 to +0.009 mA, with an average error of 0.0085 mA (0.053% of span) and a maximum error of 0.009 mA (0.056% of span), thereby meeting the requirements for OLTC system simulation. These results indicate that the integration of Modbus Remote I/O, Node-RED, and FUXA yields an accurate and stable monitoring and control system suitable for testing, functional validation, and quality control support within substation automation systems.

Keywords: FUXA, Modbus Remote I/O, Modbus TCP/IP, Node-RED, OLTC, Substation, Web-HMI.



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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Terdahulu yang Relevan	4
2.2. Konsep atau Teori yang Relevan	5
2.2.1. Sistem tenaga listrik	5
2.2.2. Transformator Daya	5
2.2.3. On Load Tap Changer (OLTC)	5
2.2.4. Panel Remote Control Panel (RCP)	6
2.2.5. Modbus TCP/IP	6
2.2.6. Modbus Remote I/O	7
2.2.7. Web Human Machine Interface (Web-HMI)	8
2.2.8. FUXA	9
2.2.9. Node-RED	9
2.2.10. Sinyal Analog 4-20 mA	10
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	11
3.1 Rancangan Alat	11
3.1.1 Deskripsi Alat	11
3.1.2 Cara Kerja Alat	12
3.1.3 Spesifikasi Alat	14
3.1.4 Diagram Blok	15
3.1.5. Diagram Alir Sistem	17
3.1.5 Desain Penelitian	18
3.1.6 Desain Sistem	18
3.1.7 Desain Perancangan Alat	19
3.1.8 Diagram Pengawatan	21
3.1.9 Tatak Letak Panel dan Diagram Konteks Input	22
3.2 Realisasi Alat	23
3.2.1 Konfigurasi Module Modbus Remote I/O	24
3.2.2 Implementasi Logika Node-RED	26
3.2.3 Konfigurasi Web HMI FUXA	27
BAB IV PEMBAHASAN	34
4.1. Pengujian Fungsi Raise dan Lower	34
4.1.1. Deskripsi Pengujian	34
4.1.2. Prosedur Pengujian	34
4.1.3. Analisis Data Pengujian	35
4.2. Pengujian Keluaran Kode BCD 5-Bit	36
4.2.1. Deskripsi Pengujian	36
4.2.2. Prosedur Pengujian	36
4.2.3. Analisis Data Pengujian	37
4.3. Pengujian Akurasi Keluaran Analog 4-20 mA	37



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

4.3.1.	Deskripsi Pengujian.....	37
4.3.2.	Prosedur Pengujian.....	38
4.3.3.	Analisis Data Pengujian	39
4.4.	Pengujian Response Time pada Variasi Polling Time Modbus IO.....	40
4.4.1.	Deskripsi Pengujian.....	40
4.4.2.	Prosedur Pengujian.....	40
4.4.3.	Analisis Data Pengujian	43
BAB V	PENUTUP.....	45
5.1.	Kesimpulan.....	45
5.2.	Saran	45
DAFTAR PUSTAKA		47





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 GAMBAR

Gambar 2.1 Transformator Daya.....	5
Gambar 2.2 Sistem On Load Tap Changer	6
Gambar 2.3 Modbus Remote I/O	8
Gambar 3.1 Diagram Blok Simulator.....	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Cara Kerja Simulator.....	17
Gambar 3.3 Desain Penelitian.....	18
Gambar 3.4 Desain Sistem	19
Gambar 3.5 Desain Perancangan Alat.....	20
Gambar 3.6 Single Line Diagram.....	21
Gambar 3.7 Diagram Pengawatan Panel	21
Gambar 3.8 Tata Letak Panel	22
Gambar 3.9 Diagram Konteks Sistem Simulator OLTC	23
Gambar 3.10 Simulator Pengujian Panel	24
Gambar 3.11 Setting IP Laptop Koneksi Modul	25
Gambar 3.12 Komunikasi Interface Modul.....	25
Gambar 3.13 Koneksi Modul	25
Gambar 3.14 Manage Pallete Node-RED	26
Gambar 3.15 Tampilan Running FUXA	27
Gambar 3.16 Tampilan Editor FUXA	28
Gambar 3.17 Konfigurasi Koneksi Modbus Remote IO	28
Gambar 3.18 Tampilan Koneksi pada FUXA	29
Gambar 3.19 Setting Tag Modbus IO	30
Gambar 3.20 Setting Tag Fuxa Server	31
Gambar 3.21 Koneksi Tag pada Object	32
Gambar 3.22 Logika Status Koneksi Object	32
Gambar 3.23 Tampilan Web HMI Simulator OLTC	33

**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 TABEL

Tabel 3.1 Tag Modbus Remote I/O.....	30
Tabel 3.2 Konfigurasi Tag Fuxa Server.....	31
Tabel 4.1 Pengujian Fungsi Raise dan Lower.....	35
Tabel 4.2 Mapping Posisi Tap terhadap Keluaran Kode BCD 5-bit.....	37
Tabel 4.3 Perbandingan Fluke 705 dengan Modbus Remote I/O.....	38
Tabel 4.4 Pengujian kode biner/BCD pada Polling 200 ms.....	41
Tabel 4.5 Pengujian kode biner/BCD pada Polling 700 ms.....	42
Tabel 4.6 Pengujian kode biner/BCD pada Polling 2 s.....	42
Tabel 4.7. Rekapitulasi Hasil Pengujian Response Time.....	43



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

Sistem tenaga listrik memerlukan kualitas tegangan yang stabil agar penyaluran energi listrik kepada konsumen dapat berlangsung dengan baik. Salah satu peralatan yang berperan dalam menjaga kestabilan tegangan pada gardu induk adalah transformator daya yang dilengkapi dengan On Load Tap Changer (OLTC) (Muhammadiyah and Oleh, 2018). OLTC berfungsi mengatur perbandingan lilitan transformator melalui perubahan posisi tap tanpa memutus suplai daya, sehingga tegangan keluaran transformator dapat dipertahankan sesuai dengan batas yang diizinkan.

Dalam pengoperasiannya, OLTC dikendalikan melalui Remote Control Panel (RCP) yang berfungsi sebagai media pengendalian dan pemantauan kondisi peralatan. Pada proses pengujian panel RCP. Diperlukan verifikasi terhadap fungsi input, logika kontrol, output, serta interlock untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan rancangan. Pengujian tersebut merupakan bagian penting dari proses Quality Control (QC) sebelum panel digunakan pada sistem yang sebenarnya.

Namun, proses pengujian konvensional masih memiliki keterbatasan karena operator harus melakukan pengamatan langsung pada panel untuk mengetahui status operasi dan respons sistem. Kondisi ini menyebabkan proses monitoring menjadi kurang efisien, terutama ketika diperlukan pengamatan beberapa parameter secara bersamaan, seperti posisi tap, status perintah raise dan lower, serta perubahan sinyal analog yang merepresentasikan kondisi operasi OLTC.

Perkembangan teknologi komunikasi industri memungkinkan proses monitoring dan pengendalian dilakukan secara lebih efektif melalui jaringan komunikasi berbasis Ethernet (Irawan *et al.*, 2021). Salah satu protokol yang banyak digunakan adalah Modbus TCP karena memiliki struktur komunikasi yang sederhana, mudah diimplementasikan, dan mendukung pertukaran data secara real-time antara perangkat kontrol dan sistem monitoring. Dengan memanfaatkan Modbus TCP Remote I/O, data dari simulator OLTC dapat diakuisisi dan dikirimkan ke sistem monitoring untuk ditampilkan secara terpusat.



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

Selain itu, penggunaan Web HMI memberikan kemudahan dalam proses visualisasi data dan pengendalian sistem tanpa memerlukan perangkat lunak khusus pada komputer operator. Informasi seperti posisi tap, status input-output digital, serta nilai analog 4–20 mA dapat ditampilkan secara real-time sehingga memudahkan proses pengamatan dan evaluasi kinerja sistem. Integrasi antara Modbus I/O dan Web HMI juga memungkinkan pengujian dilakukan dengan lebih praktis dan terstruktur dibandingkan metode konvensional.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengimplementasikan Modbus I/O dan Web HMI pada simulator OLTC sistem otomasi gardu induk sebagai media monitoring dan pengendalian. Implementasi ini diharapkan dapat membantu proses pengujian fungsi panel RCP, mempermudah pemantauan kondisi sistem secara real-time, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan proses quality control sebelum sistem diterapkan pada kondisi operasi yang sebenarnya.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kinerja simulator OLTC berbasis Modbus I/O dan Web HMI dalam merepresentasikan operasi perubahan tap berdasarkan sinyal Binary Code Digital (BCD) dan sinyal analog 4-20 mA sesuai logika kontrol yang dirancang?
2. Bagaimana tingkat akurasi pembacaan sinyal analog 4–20 mA melalui modul Modbus I/O dibandingkan dengan alat ukur referensi?
3. Bagaimana performa komunikasi Modbus TCP antara modul Modbus I/O dan Web HMI dalam mendukung fungsi monitoring dan pengendalian OLTC secara real-time?

1.3 Tujuan

1. Menganalisis kinerja simulator OLTC berbasis Modbus I/O dan Web HMI dalam merepresentasikan operasi perubahan tap berdasarkan sinyal BCD dan sinyal analog 4-20 mA sesuai logika kontrol yang dirancang.
2. Mengukur tingkat akurasi pembacaan sinyal analog 4-20 mA melalui modul Modbus I/O dengan membandingkan hasil pembacaan sistem terhadap alat ukur referensi.
3. Mengevaluasi performa komunikasi Modbus TCP antara modul Modbus I/O dan Web HMI berdasarkan waktu respons, keberhasilan transmisi data, dan



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

kemampuan sistem dalam mendukung monitoring serta pengendalian OLTC secara real-time.

1.4 Luaran

1. Data hasil pengujian kinerja simulator OLTC pada panel RCP yang meliputi fungsi input, logika kontrol, perubahan tap, sinyal BCD, dan sinyal analog 4-20 mA sesuai dengan rancangan sistem.
2. Hasil analisis performa komunikasi data antara Modbus I/O dan Web HMI dalam mendukung proses monitoring dan pengendalian OLTC secara real-time.
3. Tampilan monitoring dan pengendalian OLTC berbasis Web HMI yang mampu menampilkan status posisi tap, indikator operasi, sinyal BCD, dan nilai analog 4-20 mA sebagai media pengujian dan validasi sitem.
4. Publikasi SNTE.



**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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Tujuan pertama, yaitu menganalisis kinerja simulator OLTC dalam merepresentasikan operasi perubahan tap berdasarkan sinyal BCD dan sinyal analog 4-20 mA, tercapai sepenuhnya. Fungsi Raise dan Lower berhasil mengubah posisi tap pada rentang 0 sampai 17 sesuai logika Tap Position Encoder yang dirancang, termasuk pada kondisi batas minimum dan maksimum tanpa ditemukan penyimpangan. Posisi tap tersebut turut direpresentasikan secara konsisten melalui keluaran kode biner/BCD 5-bit berbobot 1-2-4-8-10 untuk seluruh posisi tap yang diuji, tanpa kesalahan kombinasi bit.
2. Tujuan kedua, yaitu mengukur akurasi sinyal analog 4–20 mA, telah tercapai. Fluke 705 digunakan sebagai alat kalibrator, sedangkan keluaran AO Modbus Remote I/O menunjukkan deviasi sebesar +0,008 hingga +0,009 mA dengan rata-rata error 0,053% terhadap span 16 mA. Hasil tersebut menunjukkan bahwa AO Modbus Remote I/O mampu merepresentasikan sinyal analog 4–20 mA dengan baik pada simulator OLTC.
3. Tujuan ketiga, yaitu mengevaluasi performa komunikasi Modbus TCP berdasarkan waktu respons, keberhasilan transmisi data, dan kemampuan mendukung monitoring serta pengendalian real-time, tercapai melalui pengujian pada tiga variasi polling time. Seluruh variasi polling time (200 ms, 700 ms, dan 2 s) menghasilkan keberhasilan transmisi data 100% tanpa error pembacaan, namun waktu respons meningkat seiring bertambahnya polling time, dari rata-rata 140,12 ms pada polling 200 ms, 438,29 ms pada polling 700 ms, hingga 1140,41 ms pada polling 2 s. Polling 200 ms terbukti memberikan performa monitoring yang paling responsif, sehingga direkomendasikan sebagai pengaturan polling time untuk sistem monitoring dan pengendalian real-time pada simulator OLTC.

5.2. Saran

1. Pengembangan berikutnya disarankan menambahkan pengujian end-to-end fisik menggunakan pencatatan sinyal langsung pada terminal panel atau alat ukur



© 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

eksternal, sehingga response time komunikasi dapat divalidasi dari HMI sampai keluaran fisik.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed Nasser B. Alsammak and Sinan M. Alkahdely (2023) “A Review on Power System Voltage Stability with Limitation of an On Load Tap Changing Transformer,” *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, 28(1), pp. 181–192. Available at: <https://doi.org/10.33899/rengj.2022.136088.1202>.

Anton, S.D. *et al.* (2018) “Evaluation of machine learning-based anomaly detection algorithms on an industrial modbus/TCP data set,” *ACM International Conference Proceeding Series* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.1145/3230833.3232818>.

Dao, Q.T. *et al.* (2025) “Investigation of Secure Communication of Modbus TCP/IP Protocol: Siemens S7 PLC Series Case Study,” *Applied System Innovation*, 8(3), pp. 1–18. Available at: <https://doi.org/10.3390/asi8030065>.

Dehlaghi-Ghadim, A. *et al.* (2023) “Anomaly Detection Dataset for Industrial Control Systems,” *IEEE Access*, 11, pp. 107982–107996. Available at: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3320928>.

Giljum, S. *et al.* (2022) “A pantropical assessment of deforestation caused by industrial mining,” *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(38), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.1073/pnas.2118273119>.

Ibrahim, H.F., Andang, A. and MSN, F. (2025) “Data Communication Between PLC Using Internet-Based Modbus Protocol,” *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, 14(1), p. 11. Available at: <https://doi.org/10.62870/setrum.v14i1.29172>.

Irawan, Y. *et al.* (2021) “Real Time System Monitoring and Analysis-Based Internet of Things (IoT) Technology in Measuring Outdoor Air Quality,” *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 15(10), pp. 224–240. Available at: <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i10.20707>.

Jeng, S.L., Chieng, W.H. and Chen, Y. (2021) “Web-Based Human-Machine Interfaces of Industrial Controllers in Single-Page Applications,” *Mobile Information Systems*, 2021. Available at: <https://doi.org/10.1155/2021/6668843>.

Lim, H., Jo, J. and Chun, K.H. (2025) “Optimal On-Load Tap Changer Tap Control Method for Voltage Compliance Rate Improvement in Distribution Systems, Based on Field Measurement Data,” *Energies*, 18(2), pp. 1–16. Available at: <https://doi.org/10.3390/en18020439>.

Maataoui, Y. *et al.* (2022) “New control scheme of on-load tap changer for voltage regulation in active distribution systems using Fuzzy logic,” *ITM Web of Conferences*, 48, p. 04001. Available at: <https://doi.org/10.1051/itmconf/20224804001>.

Mourtzis, D., Angelopoulos, J. and Panopoulos, N. (2023) “The Future of the Human – Machine Interface (HMI) in Society 5 . 0.”

Muhammadiyah, U. and Oleh, S. (2018) “ANALISA TAHANAN ISOLASI PADA



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

TRANSFORMATOR TENAGA DI GARDU INDUK WONOGIRI PUBLIKASI ILMIAH Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik.”

Nikolajew, C. and Eichelberger, H. (2024) “Industry 4.0 Connectors -- A Performance Experiment with Modbus/TCP,” pp. 5–7. Available at: <http://arxiv.org/abs/2410.15813>.

Nițulescu, I.V. and Korodi, A. (2020) “Supervisory Control and Data Acquisition Approach in Node-RED: Application and Discussions,” *Internet of Things*, 1(1), pp. 76–91. Available at: <https://doi.org/10.3390/iot1010005>.

Studi, P. *et al.* (2023) “Implementasi Protokol Komunikasi Data Modbus TCP / IP pada Perangkat Kamera Cerdas Berbasis Raspberry Pi Tugas Akhir,” (4222001005).

Wendt, A. and Schuppstuhl, T. (2021) “A Solution to the Generalized ROS Hardware IO Problem - A Generic Modbus/TCP Device Driver for PLCs, Sensors and Actuators,” *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, ETFA*, 2021-Septe. Available at: <https://doi.org/10.1109/ETFA45728.2021.9613662>.

Yang, J., Liu, Y. and Morgan, P.L. (2024) “Human–machine interaction towards Industry 5.0: Human-centric smart manufacturing,” *Digital Engineering*, 2(July), p. 100013. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.dte.2024.100013>.

**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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Riwayat Hidup Penulis



Azhari Darmawan, lahir di Jakarta pada tanggal 21 November 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDS Kebon Baru 1 pada tahun 2016, SMPN 200 Jakarta Utara pada tahun 2019, dan SMKN 4 Jakarta pada tahun 2022. Gelar Diploma Empat (D4) diperoleh pada tahun 2026 dari Jurusan Teknik Elektro, Progam Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta.

Lampiran 2 Dokumentasi

