



© 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



**Perancangan dan Implementasi Sistem SCADA Real-Time pada
Gardu Induk 150/20 kV**

TUGAS AKHIR

Labiba Lintang Larae

NIM. 2303311075

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

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



**Perancangan dan Implementasi Sistem SCADA Real-Time pada
Gardu Induk 150/20 kV**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga

Labiba Lintang Larae

NIM. 2303311075

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Labiba Lintang
Larae

NIM : 2303311075

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 April 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© 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

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Labiba Lintang Larae

NIM : 2303311075

Program Studi : Teknik Listrik

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Interlock Gardu Induk
150/20 Kv Berbasis PLC dan SCADA

Sub Judul Tugas Akhir : Perancangan dan Implementasi Sistem SCADA
Real-Time pada Gardu Induk 150/20 kV

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada Selasa, 23 Juni 2026
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom.

NIP. 196111231988031003

Pembimbing II : Nagib Muhammad, S.T., M.T.

NIP. 199406052022031007

Depok, 30 April 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Marie Dwiyanti, 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 ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul "Rancang bangun Sistem Interlock Gardu Induk 150/20 kV berbasis PLC dan SCADA".

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Diploma Tiga Politeknik. Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan berbagai pihak.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom. dan Bapak Nagib Muhammad, S.T., M.Kom. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini
2. Kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu. Terima kasih atas doa yang tiada henti, serta selalu berada disamping saya sehingga saya selalu merasa aman. Serta kepada adik-adik tercinta, yang selalu memberikan keceriaan, semangat, serta doa di kala penulis merasa lelah.
3. Teman-teman terdekat terima kasih telah menjadi pendengar yang baik dan penyemangat di kala senang maupun sedih.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca serta turut mendukung perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik elektro.



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

Abstrak

Operasi manual pada peralatan switching gardu induk 150/20 kV rentan terhadap kesalahan manusia (human error) dan maloperasi yang dapat mengakibatkan kerusakan peralatan maupun ancaman keselamatan bagi operator. Sistem interlock konvensional yang bersifat hardwired memiliki keterbatasan dalam hal fleksibilitas dan kemudahan pemantauan secara terpusat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan pengendalian operasi gardu induk 150/20 kV berbasis SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) secara real-time dalam bentuk trainer kit yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran operasi switching. Sistem dikembangkan menggunakan PLC Omron CP2E-N40DR-A yang diprogram dengan CX-Programmer dalam bentuk ladder diagram untuk mengeksekusi logika interlock tiga bay, yaitu Bay Trafo, Bay Coupler, dan Bay Line, dengan konfigurasi busbar ganda. Antarmuka HMI dirancang menggunakan perangkat lunak CX-Supervisor v4 yang menampilkan mimic diagram single line diagram (SLD) gardu induk secara interaktif. Komunikasi antara PLC dan SCADA dilakukan melalui protokol Modbus TCP/IP melalui jaringan Ethernet. Hasil pengujian verifikasi menunjukkan tingkat kesesuaian sebesar 100% antara tampilan HMI dan kondisi fisik peralatan pada seluruh 13 titik switching, baik pada kondisi open maupun close. Fitur data logging CX-Supervisor berhasil merekam seluruh perubahan status peralatan secara kronologis dengan presisi berbasis detik, termasuk mendeteksi kondisi anomali (Invalid) sebagai bagian dari mekanisme fail-safe sistem. Sistem yang dikembangkan terbukti mampu menampilkan status operasi secara real-time, mencegah maloperasi melalui logika interlock berbasis PLC, serta memberikan kemudahan pemantauan terpusat melalui antarmuka SCADA, sehingga layak digunakan sebagai media simulasi pembelajaran operasi switching gardu induk 150/20 kV.

Kata Kunci: gardu induk, sistem interlock, PLC Omron CP2E, SCADA, CX-Supervisor, Modbus TCP/IP, HMI, monitoring real-time, trainer kit, switching.



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

Abstract

Manual operation of switching equipment in a 150/20 kV power substation is susceptible to human error and maloperation, which can result in equipment damage and pose safety hazards to operators. Conventional hardwired interlock systems are limited in terms of flexibility and centralized monitoring capability. This research aims to design and implement a real-time SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)-based monitoring and control system for 150/20 kV substation operations in the form of a trainer kit that can be utilized as a learning medium for switching operations. The system was developed using the Omron CP2E-N40DR-A PLC programmed with CX-Programmer in ladder diagram form to execute interlock logic across three bays, namely the Transformer Bay, Coupler Bay, and Line Bay, in a double busbar configuration. The HMI interface was designed using CX-Supervisor v4 software, displaying an interactive single line diagram (SLD) mimic of the substation. Communication between the PLC and SCADA was established via the Modbus TCP/IP protocol over an Ethernet network. Verification test results demonstrated a 100% accuracy rate between the HMI display and the physical equipment status across all 13 switching points, under both open and close conditions. The CX-Supervisor data logging feature successfully recorded all equipment status changes chronologically with second-based precision, including the detection of anomalous (Invalid) states as part of the system's fail-safe mechanism. The developed system is proven capable of displaying operational status in real-time, preventing maloperation through PLC-based interlock logic, and enabling centralized monitoring via the SCADA interface, making it suitable as a simulation medium for 150/20 kV substation switching operation training.

Keywords: *substation, interlock system, Omron CP2E PLC, SCADA, CX-Supervisor, Modbus TCP/IP, HMI, real-time monitoring, trainer kit, switching.*



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 ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
Abstrak.....	vi
Abstract.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Operasi dan Sistem Proteksi Gardu Induk	4
2.2 Sistem Interlock Gardu Induk	5
2.3 Sistem SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition).....	6
2.3.1 Fungsi SCADA pada Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.4 Perangkat Lapangan (<i>Field Devices</i>)	7
2.4.1 RTU (Remote Terminal Unit)	7
2.4.2 IED (Intelligent Electronic Device)	8
2.4.3 PLC (Programmable Logic Controller)	8
2.4.4 PLC Omron CP2E.....	9
2.5 Protokol Komunikasi SCADA	10
2.5.1 Protokol Modbus TCP/IP.....	10
2.6 HMI dan Perangkat Lunak SCADA.....	11
2.6.1 Pengertian HMI (Human Machine Interface)	12
2.7 Perangkat lunak CX-Programmer dan CX-Supervisor	13
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	14
3.1 Rancangan Alat.....	14
3.2 Deskripsi alat.....	14



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

3.3	Cara Kerja alat.....	15
3.4	Spesifikasi alat.....	17
3.5	Diagram blok.....	18
3.6	Wiring diagram.....	20
3.7	Realisasi alat.....	30
3.8	Realisasi SCADA/HMI	31
3.9	Tutorial Project Baru pada SCADA CX-Supervisor	35
BAB IV PEMBAHASAN.....		38
4.1	Pembahasan Verifikasi Tampilan SCADA terhadap Kondisi Hardware	38
4.1.1	Deskripsi pengujian.....	38
4.1.2	Prosedur Pengujian	38
4.1.3	Data Hasil Pengujian.....	38
4.1.4	Analisis Data	40
4.2	Pembahasan Uji Interlock saat Command dari SCADA.....	40
4.2.1	Deskripsi Pengujian	40
4.2.2	Prosedur Pengujian	40
4.2.3	Data Hasil Pengujian.....	41
4.2.4	Analisis Data	41
4.3	Pembahasan Data Logging SCADA	42
4.3.1	Deskripsi Pengujian	42
4.3.2	Prosedur Pengujian	42
4.3.3	Data Hasil Pengujian.....	42
4.3.4	Analisis Data	44
4.4	Pembahasan Uji Alarm pada SCADA.....	44
4.4.1	Deskripsi Pengujian	44
4.4.2	Prosedur Pengujian	45
4.4.3	Data Hasil pengujian.....	45
4.4.4	Analisis Data	45
BAB V PENUTUP.....		47
5.1	Kesimpulan.....	47
5.2	Saran	48
DAFTAR PUSTAKA.....		49
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		52
LAMPIRAN.....		53



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 Programmable Logic Controller	9
Gambar 3. 1 Flowchart SCADA	15
Gambar 3. 2 diagram blok SCADA	18
Gambar 3. 3 Wiring diagram supply	20
Gambar 3. 4 Wiring diagram input PLC	21
Gambar 3. 5 Wiring diagram output PLC	22
Gambar 3. 6 Wiring diagram output lampu indikator	23
Gambar 3. 7 Wiring diagram relay auxiliary	25
Gambar 3. 8 Wiring diagram output bay trafo	26
Gambar 3. 9 Wiring diagram output bay line	28
Gambar 3. 10 Wiring diagram output bay coupler	29
Gambar 3. 11 Realisasi Alat	30
Gambar 3. 12 Halaman Home SCADA	31
Gambar 3. 13 Halaman About Project SCADA	32
Gambar 3. 14 Halaman Mimic Diagram SCADA	34
Gambar 3. 15 Ikon CX-Supervisor	35
Gambar 3. 16 Halaman CX-Supervisor	36
Gambar 3. 17 Halaman CX-Supervisor	36
Gambar 3. 18 IP Address	37
Gambar 3. 19 Page Blank SCADA	37
Gambar 3. 20 Alarm pada SCADA	45

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

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

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi PLC	10
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....	17
Tabel 4. 1 SCADA dalam kondisi open	38
Tabel 4. 2 SCADA dalam kondisi close.....	39
Tabel 4. 3 Data Logging Bay Trafo.....	42
Tabel 4. 4 Data Logging Bay Coupler	43
Tabel 4. 5 Data Logging Bay Line	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era modernisasi, sistem kelistrikan menuntut gardu induk sebagai pusat pengendalian dan distribusi daya listrik dengan tingkat keandalan yang tinggi. Gardu induk 150/20 kV berperan mengubah tegangan tinggi menjadi tegangan menengah guna penyaluran kepada konsumen industri maupun rumah tangga. Sebagaimana dinyatakan dalam standar PLN SKDIR 114.K/DIR/2010, gardu induk merupakan elemen kritis dalam sistem transmisi dan distribusi yang menghubungkan pembangkit dengan jaringan tegangan menengah 20 kV menurut (PT. PLN (PERSERO) 2020).

Menurut (Pujotomo 2016). Operasi manual di gardu induk pada peralatan *switching* seringkali rentan terhadap kesalahan manusia, *overload*, serta gangguan transien yang dapat memicu pemadaman luas. Terbentuknya sistem operasi *remote* berbasis SCADA, pengendalian dilakukan dari pusat kendali yang jauh dari gardu induk, inilah yang menjadi inti daripada sistem SCADA.

Sesuai dengan IEEE Std C37.1, sistem monitoring dan pengendalian berbasis SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) menjadi standar industri untuk mendeteksi anomali secara real-time, mengoptimalkan respons operator, dan meminimalkan *downtime*. SCADA memungkinkan visualisasi data tegangan, arus, frekuensi, serta status peralatan melalui HMI terintegrasi, sehingga operator dapat mengambil Keputusan cepat tanpa mengorbankan keselamatan.

Di Indonesia, transformasi digital kelistrikan masih terhambat keterbatasan infrastruktur SCADA pada gardu induk regional (Shivakumar and Veena 2025). implementasi SCADA dapat mengurangi waktu pemulihan gangguan.

Pembelajaran konvensional tentang gardu induk pun terbatas pada simulasi dasar, tanpa representasi operasi *real-time*. Hal ini menghambat kompetensi teknisi muda dalam menghadapi skenario industri 4.0. oleh karena itu, perancangan dan implementasi sistem monitoring serta pengendalian gardu induk 150/20 kV berbasis SCADA secara *real-time* diperlakukan untuk

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

meningkatkan efisiensi operasional, keandalan sistem, dan kesiapan sumber daya manusia di sektor kelistrikan nasional.

1.2 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diidentifikasi adalah:

- Bagaimana merancang sistem monitoring dan pengendalian operasi gardu induk 150/20 kV berbasis SCADA yang mampu menampilkan status peralatan dan data pengukuran secara real-time?
- Bagaimana mengimplementasikan komunikasi antara PLC Omron CP2E dengan perangkat lunak SCADA CX-Supervisor menggunakan protokol Modbus TCP/IP untuk keperluan akuisisi data dan pengendalian jarak jauh?
- Bagaimana merancang tampilan HMI pada sistem SCADA agar operator dapat memantau dan mengendalikan kondisi operasi gardu induk secara intuitif dan efisien?

1.3 Tujuan

- Merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring dan pengendalian operasi gardu induk 150/20 kV berbasis SCADA secara real-time menggunakan PLC Omron CP2E dan perangkat lunak CX-Supervisor.
- Membangun komunikasi data antara PLC dan SCADA melalui protokol Modbus TCP/IP sehingga status dan pengukuran peralatan gardu induk dapat diakuisisi dan dikendalikan dari pusat kontrol.
- Merancang antarmuka HMI yang mampu menampilkan kondisi operasi gardu induk secara visual, lengkap dengan indikasi status peralatan, nilai pengukuran, dan alarm gangguan.

1.4 Luaran

Luaran yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut;

- Trainer kit sistem *interlock* gardu induk 150/20 kV
- Sistem SCADA untuk memonitor *trainer kit* sistem *interlock* gardu induk 150/20 kV



© 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

- c. Artikel ilmiah yang dipresentasikan pada saat Seminar Nasional Teknik Elektro



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 V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilaksanakan, sistem monitoring dan pengendalian operasi gardu induk 150/20 kV berbasis SCADA secara real-time berhasil direalisasikan dalam bentuk trainer kit yang merepresentasikan konfigurasi tiga bay dengan sistem busbar ganda, meliputi Bay Trafo, Bay Coupler, dan Bay Line. Perangkat keras berupa panel box yang dilengkapi selector switch, pilot lamp, dan 13 unit relay auxiliary terintegrasi dengan perangkat lunak CX-Supervisor v4 melalui PLC Omron CP2E-N40DR-A sebagai unit kendali pusat, sehingga fungsi pemantauan dan pengendalian peralatan switching dapat dijalankan secara terpusat dari satu antarmuka SCADA.
2. Komunikasi data antara PLC Omron CP2E dan perangkat lunak CX-Supervisor dibangun melalui protokol Modbus TCP/IP berbasis jaringan Ethernet. Pengujian verifikasi yang dilakukan terhadap seluruh 13 titik peralatan switching menunjukkan bahwa setiap perubahan kondisi fisik peralatan pada panel trainer kit terbaca dan ditampilkan pada antarmuka HMI sesuai kondisi aktual, baik pada kondisi open yang direpresentasikan dengan indikasi warna hijau maupun kondisi close dengan warna merah, tanpa terdapat penyimpangan pada seluruh titik yang diuji.
3. Pengujian interlock melalui command SCADA menunjukkan bahwa logika interlock yang diprogram pada ladder diagram PLC Omron CP2E bekerja sesuai persyaratan operasi gardu induk 150/20 kV. PLC memblokir perintah switching yang tidak memenuhi kondisi prasyarat interlock dan hanya mengeksekusi perintah apabila seluruh urutan logika keselamatan telah terpenuhi, sehingga potensi terjadinya maloperasi dapat dicegah.
4. Fitur data logging CX-Supervisor merekam seluruh perubahan status peralatan secara kronologis dengan presisi berbasis detik. Rekaman data logging pada Bay Trafo, Bay Coupler, dan Bay Line yang dilaksanakan pada tanggal 20 Juni 2026 memperlihatkan pola perubahan status yang sesuai

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

dengan urutan prosedur operasi standar, serta mampu mendeteksi kondisi anomali sebagai bagian dari mekanisme fail-safe sistem. Fungsi alarm pada antarmuka HMI memberikan notifikasi secara real-time ketika terjadi pelanggaran prosedur operasi switching, dilengkapi informasi waktu kejadian dan tingkat prioritas alarm.

5.2 Saran

Guna mendukung pengembangan dan penyempurnaan sistem pada penelitian berikutnya, terdapat beberapa hal yang perlu dipertimbangkan. Penambahan modul pengukuran besaran listrik berupa tegangan, arus, daya aktif, dan daya reaktif pada *trainer kit* sangat diperlukan agar sistem SCADA dapat menjalankan fungsi *telemetry* secara penuh sebagaimana diterapkan pada gardu induk sesungguhnya, sehingga sistem simulasi menjadi lebih representatif terhadap kondisi operasional di lapangan.

Dari sisi protokol komunikasi, peningkatan ke standar IEC 61850 perlu dipertimbangkan guna mendukung interoperabilitas dengan perangkat *Intelligent Electronic Device* (IED) dari berbagai *vendor*, sekaligus menjadikan sistem lebih relevan terhadap praktik implementasi industri modern. Selain itu, aspek keamanan siber (*cybersecurity*) juga perlu mendapat perhatian serius dalam pengembangan lanjutan, mengingat protokol Modbus TCP/IP memiliki keterbatasan dalam hal autentikasi dan enkripsi data. Pengintegrasian lapisan keamanan jaringan yang mengacu pada standar NERC CIP atau IEC 62351 diharapkan dapat meningkatkan keandalan dan ketahanan sistem secara keseluruhan.

Terakhir, *trainer kit* dapat dikembangkan dengan menambahkan konfigurasi bay yang lebih beragam sesuai dengan topologi gardu induk yang lebih kompleks, sehingga cakupan skenario simulasi operasi menjadi lebih luas dan komprehensif. Pengembangan ini diharapkan dapat lebih meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam memahami keseluruhan aspek operasional sistem SCADA gardu induk 150/20 kV secara menyeluruh

Hak Cipta :

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

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

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

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

DAFTAR PUSTAKA

- Aghenta, Lawrence Oriaghe, and Mohammad Tariq Iqbal. 2019. "Low-Cost, Open Source IoT-Based SCADA System Design Using Thinger.IO and ESP32 Thing." *Electronics (Switzerland)* 8(8): 1–24. doi:10.3390/electronics8080822.
- Ananda, Ananda Sakinata Prastiwi, Ii Munadhif Ii Munadhif, Isa Rachman Isa, Ryan Yudha Adhitya Ryan, and Rini Indarti Rini. 2023. "Integrasi Sistem Komunikasi Modbus TCP/IP Pada PLC Siemens S7-1200, ESP32, Dan HMI." *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri* 10(2): 234–44. doi:10.33795/elkolind.v10i2.3254.
- Aribowo, Didik. 2016. "Remote Terminal Unit (RTU) SCADA Pada Jaringan Tegangan Menengah 30 KV." *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer* 3(2): 108. doi:10.36055/setrum.v3i2.506.
- CX-Supervisor, Datasheet. "Cx-Supervisor V4."
- Djodi Antono*, Ahmad Hardito, Lilik Eko Nuryanto, M. Khambali. 1967. "PENERAPAN OPERASI SISTEM TELEMETERING SECARA REAL TIME DATA BESARAN LISTRIK PADA OVERHEAD LINE MODEL PERCOBAAN KOMPENSASI PARALEL DAN SERI MENGGUNAKAN TRAINER POWER SYSTEM SIMULATION Djodi." *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. 7(November): 14–25.
- Eva Damayanti1), Alji Leanardi2). "Rancang Bangun Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Plc Scada Dengan Hmi Haiwell Melalui Sistem Jarak Jauh." : 6–13.
- Fatin, Firman Adi Nur, Mukhamad Nurkamid, Rizkysari Meimaharani, and Ahmad Bagus Maskula. 2023. "Real-Time Monitoring of Gas Fields: Prototype at Pt Gamma Energi Pratama Bogor." *Jurnal Teknik Informatika* 16(1): 89–99. doi:10.15408/jti.v16i1.31832.
- Fitriansyah, Agung. 2011. "Universitas Indonesia Fakultas Teknik Universitas Indonesia Departemen Teknik Elektro."
- Fransiscus Xaverius Ariwibisono, and Widodo Pudji Muljanto. 2023. "Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi Plts Berbasis Protokol Modbus Rtu Dan Modbus Tcp." *Nuansa Informatika* 17(2): 109–18. doi:10.25134/ilkom.v17i2.28.
- Ii, B A B, and Tinjauan Pustaka. 2021. "Jaja Kustija, Mekatronika (Bandung: PT. Refika Aditama, 2021), Hlm. 185. 5." : 5–35.
- Ikhwanto, Ikhwanto, R.A Suwodjo Kusumoputro, and Novi Azman. 2019. "Rancang Bangun Host Sistem Mini SCADA Untuk Pengontrolan Beban Trafo 20 KV Pada Gardu Induk." *Jurnal Ilmiah Giga* 17(1): 45. doi:10.47313/jig.v17i1.538.
- Illahi, Hayatul, and L M Noveri. "Analisa Dan Evaluasi Penggunaan SCADA Pada Keandalan Sistem Distribusi PT . PLN (Persero) Area Pembagi

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

Distribusi Riau Dan Kepulauan Riau.” : 1–8.

Jorgi Fauzy Kusuma¹, Muhamad Rifa'i², Imam Saukani². 2024. “Implementasi Protokol Komunikasi Modbus Untuk Mini Scada Pada Plant Pengisian Serbuk Temulawak.” 2(5): 314–26. doi:10.14341/cong21-24.05.24-304.

Kumar, Shantanu, Ahmed Abu-Siada, Narottam Das, and Syed Islam. 2023. “Review of the Legacy and Future of IEC 61850 Protocols Encompassing Substation Automation System.” *Electronics (Switzerland)* 12(15): 1–20. doi:10.3390/electronics12153345.

Kurniawan, Itmi Hidayat, and Rizki Fauzi Muliarto. 2020. “Rancang Bangun Simulator Sistem SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) Pada Gardu Induk Rawalo.” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC* 7(1): 16–22. doi:10.21107/triac.v7i1.7514.

Nurhuda, Muhammad (2018). 2009. “SIMULASI INTERLOCK PADA MANUEVER BAY PENGHANTAR GARDU INDUK TEGANGAN TINGGI KONFIGURASI DOUBLE BUSBAR DENGAN SYNCHROCHECKING TEGANGAN BERBASIS ARDUINO MEGA 2560.” *Afghanistan Physiography Map*: 1–106.

Nurzeha, Nanda Afrian, Murie Dwiyaniti, and Nuha Nadhiroh. 2025. “Implementasi SCADA Pada Sistem PLC Multivendor Berbasis Modbus TCP/IP.” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro* 11: 1–8.

Omron. 2025. “Manual Operation PLC OMRON CP2E.”

Omron, CX-Programmer. “CX-Programmer Ver.9.” : 1–8.

Prastowo, Irawan Adi, W Winarso, and Arif Johar Taufiq. 2020. “Analisis Kinerja Sistem Proteksi Transformator Tenaga Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150KV Kalibakal.” *Jurnal Riset Rekayasa Elektro* 1(2): 86–91. doi:10.30595/jrre.v1i2.5258.

Pratiwi, Nabila Devi. 2022. “Hasil Dan Pembahasan.” *Universitas Ahmad Dahlan* (2022): 33–34.

PT. PLN (PERSERO). 2017. *SISTEM MANAJEMEN TERINTEGRASI Sistem Manajemen Terintegrasi*. Jenepono.

PT. PLN (PERSERO). 2020. “PT PLN (Persero) PT PLN (Persero).” (3): 23–25.

PT. PLN (PERSERO) 2014b. “Pdf-Buku-Pedoman-Pms-Final_Compress.”

Pujotomo, Isworo. 2016. “Implementasi Sistem SCADA Untuk Pengendalian Jaringan Distribusi 20 KV.” *Jurnal Kajian Teknik Elektro* 1(1): 51–66. doi:10.52447/jkte.v1i1.144.

Putra, Farid Rafli, Nurlita Gamayanti, and Abdullah Alkaff. 2012. “Rancang Bangun Perangkat Lunak Reliability- Centered Maintenance Untuk Gardu Induk.” 1(1): 1–5.



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

Ridho, M., Parlin Siagian, and Zuraidah Tharo. 2024. "Analisis Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi Gardu Induk 150 Kv Siempat Rube." *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan* 12(3S1). doi:10.23960/jitet.v12i3s1.5321.

Rifka Alkhilyatul Ma'rifat, I Made Suraharta, Iryanto Irvan Jaya. 2024. "Pengontrolan Dan Monitoring Simulasi Palang Pintu." 2: 306–12.

Shivakumar, V., and M. B. Veena. 2025. "Cybersecurity Threat Modelling for Electric Power System SCADA Control Centers and Substation Automation Systems." *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering* 12(9): 49–65. doi:10.14445/23488379/IJEEE-V12I9P106.

Suryomukti, Muhammad, and Yuliarman Saragih. 2024. "Analisis Risiko Di Area Switchyard PT.PLN Gardu Induk Kosambi Menggunakan Metode HIRARC." *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan* 5(2): 1–11. doi:10.14710/jebt.2024.22625.

Syadidan, Ramlan, and Ulinnuha Latifa. 2023. "4. Analisis Beban (Load Flow)." *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika* 7(2): 1108–13.

Tuwongkesong, Samsu, Muchdar Daeng Patabo, Sukandar Sawidin, Julianus G Daud, and I Wayan E P Utama. 2020. "Kontrol RTU Pada GH Manembo Dengan Scada Jaringan Distribusi 20 KV Sistem Minahasa." *The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*: 421–28. <https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/proceeding/article/download/2043/1601>.

Wibisono, Gilang, Kaleb Priyanto, Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, and Program Studi Teknik Elektro. 2020. "Kontrol Dan Monitor Sistem Otomasi Automatic Water Treatment System Berbasis Plc Menggunakan Hmi Weintek Mt8071ipNANo Ranking Found for 'Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri.'" *Jurnal.Sttw.Ac.Id* 3(3): 2. <https://www.jurnal.sttw.ac.id/index.php/jte/article/view/29>.

Hak Cipta :

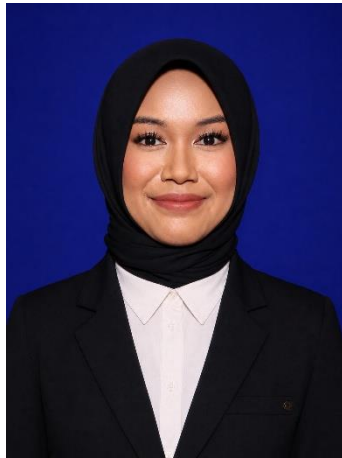
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

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 RIWAYAT HIDUP



Labiba Lintang Larae

Lulusan dari SDIT Nurul Fikri, pada tahun 2017, Sekolah Tahfidz Attaaj, pada tahun 2020, dan SMAIT Nururrahman Depok, pada tahun 2023. Sampai saat Tugas Akhir ini dibuat, penulis masih merupakan mahasiswi aktif Politeknik Negeri Jakarta Program Studi Teknik Listrik.

**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

LAMPIRAN

Lampiran 1 pengerjaan alat

