



© 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



**RANCANG BANGUN PERANGKAT KERAS SISTEM
INTERLOCK GARDU INDUK 150/20 kV BERBASIS PLC
DAN SCADA**

TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Rayhan Ramadhan

NIM. 2303311086

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

TAHUN 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



**RANCANG BANGUN PERANGKAT KERAS SISTEM
INTERLOCK GARDU INDUK 150/20 kV BERBASIS PLC
DAN SCADA**

TUGAS AKHIR

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

Rayhan Ramadhan

NIM. 2303311086

PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

TAHUN 2026



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 : Rayhan Ramadhan

NIM : 2303311086

Tanda Tangan : 

Tanggal : 23 – Juni - 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 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

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Rayhan Ramadhan
NIM : 2303311086
Program Studi : Teknik Listrik
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem *Interlock* Gardu Induk 150/20 kV Berbasis PLC dan SCADA
Sub Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Perangkat Keras Sistem *Interlock* Gardu Induk 150/20 kV Berbasis PLC dan SCADA

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

Pembimbing I : Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom. (Arifman X.)
NIP. 196111231988031003

Pembimbing II : Nagib Muhammad, S.T., M.T. (Mustamad)
NIP. 199406052022031007

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 16 Juli 2026

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Signature of Dr. Murie Dwiyanti)

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, 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 Tiga (D3) Politeknik. Tugas Akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem *Interlock* Gardu Induk 150/20 kV Berbasis PLC dan SCADA" ini merupakan alat peraga yang digunakan untuk mempelajari sistem *Interlock* dari sebuah Gardu Induk 150/20 kV, khususnya bagi operator maupun mahasiswa sebelum terjun ke dunia kerja yang sebenarnya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sejak masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini, akan sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ikhsan Kamil, S.T., M.Kom. dan Nagib Muhammad, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini;
2. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan berupa dukungan material, motivasi dan moral;
3. Teman – teman kelompok 4 sebagai teman seperjuangan yang bersama-sama menyelesaikan tugas akhir ini;
4. Keluarga besar TL-TOLI PNJ yang banyak memberikan support secara moril dan tenaga selama menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Depok, 23 Juni 2026

Penulis



Rancang Bangun Perangkat Keras Sistem Interlock Gardu Induk 150/20 kV

Abstrak

Keandalan operasi gardu induk (GI) 150/20 kV dipengaruhi oleh ketepatan prosedur manuver *switching* pada Pemutus Tenaga (PMT), Pemisah (PMS), dan *Earth Switch* (ES). Kesalahan manuver akibat faktor kelalaian manusia (*human error*) dapat memicu kegagalan sistem, kerusakan peralatan, hingga risiko kecelakaan kerja. Namun, keterbatasan akses ke fasilitas GI komersial menjadi tantangan dalam pelatihan operator. Penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan menguji *Trainer Kit* sistem *interlock* GI 150/20 kV menggunakan PLC Omron CP2E-N40DR-A yang diintegrasikan dengan SCADA/HMI berbasis CX-Supervisor. Perangkat portabel berukuran 50×40×35 cm dengan bobot ±13 kg ini merepresentasikan konfigurasi *Bay* Trafo, *Bay Coupler*, dan *Bay Line* secara simultan. Logika *interlock* dibangun melalui program *Ladder Diagram* sebanyak 71 rung sesuai Standar IEC 61131-3, dengan komunikasi data menggunakan protokol Modbus TCP/IP. Antarmuka SCADA/HMI berfungsi menampilkan *single-line* diagram dinamis secara *real-time* dan sistem indikasi alarm multi-kondisi. Pengujian dilakukan secara terstruktur melalui 37 skenario, yang terdiri dari 27 skenario operasi normal (proses *energize*, *de-energize*, dan operasi *earth switch*) serta 10 skenario mal-operasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja sesuai dengan logika yang dirancang, memberikan respons *permissive* pada operasi yang memenuhi SOP PT PLN (Persero), serta respons *inhibit* disertai alarm pada skenario mal-operasi. *Trainer Kit* ini dapat difungsikan sebagai alternatif media pembelajaran interaktif untuk mensimulasikan prosedur manuver dan prinsip kerja sistem *interlock* berbasis PLC-SCADA secara aman.

Kata Kunci: Gardu induk, Manuver *switching*, Sistem *interlock*, *Trainer kit*.

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



Hardware Design of a 150/20 kV Substation Interlock System

Abstract

The operational reliability of a 150/20 kV substation is influenced by the precision of switching maneuver procedures for three primary components: the Circuit Breaker (PMT), Disconnecter (PMS), and Earth Switch (ES). Switching errors caused by human error can trigger system failures, equipment damage, and occupational safety risks. However, restricted access to operational commercial substation facilities poses a challenge for training new operators. This study aims to design, implement, and test a 150/20 kV substation interlock system trainer kit that integrates an Omron CP2E-N40DR-A PLC with a CX-Supervisor-based SCADA/HMI interface. Enclosed in a portable casing measuring 50×40×35 cm and weighing ±13 kg, this device simultaneously represents the Transformer Bay, Coupler Bay, and Line Bay configurations. The interlock logic is developed through a 71-rung Ladder Diagram program compliant with the IEC 61131-3 Standard, utilizing the Modbus TCP/IP protocol for PLC–SCADA communication. The SCADA/HMI interface displays a dynamic, real-time single-line diagram alongside a multi-condition alarm indication system. Evaluation was conducted using 37 structured scenarios, comprising 27 normal operation scenarios (the processes of energizing, de-energizing, and earth switch operations) and 10 mal-operation scenarios. The results indicate that the system functions in accordance with the designed logic, delivering a permissive response for operations compliant with PT PLN (Persero) Standard operating procedures (SOPs), and an inhibit response accompanied by an alarm for all mal-operation scenarios. This trainer kit serves as an alternative interactive learning medium to safely simulate switching maneuver procedures and the operational principles of PLC-SCADA-based interlock systems.

Keywords: *Interlock system, Substation, Switching maneuvers, Trainer kit.*

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 TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
Abstrak	vi
Abstract	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Luaran	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gardu Induk 150/20 kV	5
2.1.1 Fungsi Gardu Induk	5
2.1.2 Komponen Utama Peralatan <i>Switching</i>	6
2.1.3 Konfigurasi <i>Bay</i>	9
2.2 Sistem <i>Interlock</i> pada Gardu Induk	11
2.2.1 Konsep Sistem <i>Interlock</i>	11
2.2.2 Logika <i>Interlock</i> Standar	12
2.2.3 Standar dan Regulasi yang Berlaku	13
2.2.4 Urutan Manuver Pada Gardu Induk	14
2.2.5 Urutan Manuver Pemberian Tegangan pada <i>Bay</i> Trafo	14
2.2.6 Urutan Manuver Pelepasan Tegangan pada <i>Bay</i> Trafo	16

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



© 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

2.2.7	Urutan Manuver Pemberian Tegangan pada <i>Bay Line</i>	17
2.2.8	Urutan Manuver Pelepasan Tegangan pada <i>Bay Line</i>	18
2.2.9	Urutan Manuver Pemindahan Bus pada <i>Bay Coupler</i>	19
2.3	Hubungan <i>Trainer Kit</i> dengan Gardu Induk Nyata	21
2.3.1	Filosofi Simulasi	21
2.3.2	Perbandingan Gardu Induk dengan <i>Trainer Kit</i>	21
2.3.3	Analogi Kejadian: Apa yang Terjadi di Lapangan vs di <i>Trainer Kit</i> 22	
2.3.4	Simulasi Yang Tidak Bisa Disimulasikan	23
2.3.5	Programmable Logic Control.....	23
2.3.6	Konsep Dasar PLC	24
2.3.7	PLC Omron CP2E-N40DR-A.....	24
2.3.8	Pemrograman <i>Ladder Diagram</i>	25
2.4	SCADA/HMI.....	25
2.4.1	Konsep SCADA pada Gardu Induk	26
2.4.2	CX-Supervisor sebagai <i>Platform HMI</i>	26
2.4.3	Komunikasi PLC–SCADA via Modbus TCP/IP.....	27
2.5	Penelitian Terdahulu	28
BAB III		30
PERENCANAAN DAN REALISASI		30
3.1	Proses Perencanaan Alat.....	30
3.1.1	Deskripsi Alat.....	30
3.1.2	Cara Kerja Sistem	31
3.1.3	Spesifikasi Teknis Alat	35
3.1.4	Diagram Blok Sistem	43
3.1.5	<i>Wiring Diagram</i>	43
3.2	Proses Realisasi Alat.....	49
3.2.1	Proses Realisasi Mekanik dan Proses <i>Wiring</i>	49



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

3.2.2	Proses Realisasi Program PLC.....	50
3.2.3	Proses Realisasi SCADA/HMI	51
BAB IV		54
PEMBAHASAN		54
4.1	Hasil Realisasi Perangkat Keras <i>Trainer Kit</i>	54
4.2	Hasil Realisasi Program PLC	55
4.3	Hasil Realisasi SCADA.....	57
4.3.1	Halaman <i>Home</i> SCADA	57
4.3.2	Halaman <i>About Project</i>	58
4.3.3	Halaman <i>Login</i> pada SCADA.....	59
4.3.4	Halaman <i>Single-Line</i> Diagram (SLD) Utama.....	59
4.3.5	Fitur Kontrol <i>Remote</i> via <i>SS Operation</i>	60
4.3.6	Komunikasi PLC–SCADA	62
4.4	Hasil Pengujian Komponen.....	62
4.5	Pengujian <i>Input</i> PLC Omron CP2E N40DR-A	65
4.6	Pengujian <i>Output</i> PLC Omron CP2E N40DR-A	67
4.7	Pengujian Fungsi Lampu Indikator	69
4.8	Pengujian Manuver <i>Bay</i> Trafo.....	72
4.8.1	Urutan <i>Energize</i> Normal (T-01 s.d. T-03)	74
4.8.2	Urutan <i>De-Energize</i> Normal (T-04 s.d. T-06)	74
4.8.3	Operasi Pembumian / <i>Earth Switch</i> (T-07 s.d. T-08)	74
4.8.4	Skenario Terblokir / Mal-Operasi (T-09 s.d. T-12)	75
4.9	Pengujian Manuver <i>Bay Line</i>	75
4.9.1	Urutan <i>Energize</i> Normal (L-01 s.d. L-03).....	78
4.9.2	Urutan <i>De-Energize</i> Normal (L-04 s.d. L-06).....	78
4.9.3	Operasi Pembumian (L-07 s.d. L-08)	78
4.9.4	Skenario Terblokir / Mal-Operasi (L-09 s.d. L-14).....	78
4.10	Pengujian Manuver <i>Bay Coupler</i>	79
4.10.1	Urutan <i>On-Load Transfer</i> Bay Trafo ke BUS 2 (C-01 s.d. C-07)....	81



© 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

4.10.2	Urutan Penormalan setelah <i>On-Load Transfer</i> (C-08 s.d. C-11)	81
4.11	Pengujian <i>Emergency Stop</i>	82
4.12	Pengujian Tegangan Terukur	83
4.13	Rekap Hasil Pengujian	86
4.14	Potensi Pemanfaatan sebagai Media Pembelajaran.....	87
BAB V		92
PENUTUP		92
5.1	Kesimpulan.....	92
5.2	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA		94
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS		96
LAMPIRAN		97

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gardu Induk.....	5
Gambar 2. 2 Circuit Breaker	6
Gambar 2. 3 <i>Disconnecting Switch</i>	7
Gambar 2. 4 Earthing Switch.....	8
Gambar 2. 5 Transformator Daya.....	9
Gambar 2. 6 <i>Bay</i> Gardu Induk	10
Gambar 2. 7 <i>Flowchart</i> Urutan Manuver Pemberian Tegangan <i>Bay</i> Trafo	15
Gambar 2. 8 <i>Flowchart</i> Urutan Manuver Pelepasan Tegangan <i>Bay</i> Trafo	16
Gambar 2. 9 <i>Flowchart</i> Urutan Manuver Pemberian Tegangan <i>Bay Line</i>	17
Gambar 2. 10 <i>Flowchart</i> Urutan Manuver Pelepasan Tegangan <i>Bay Line</i>	18
Gambar 2. 11 <i>Flowchart</i> Urutan Manuver Pemindahan Bus dengan <i>Bay Coupler</i>	20
Gambar 2. 12 Omron CP2E N40DR-A.....	25
Gambar 2. 13 <i>Perangkat lunak CX-Supervisor</i>	27
Gambar 2. 14 Alat Penelitian Sebelumnya	29
Gambar 3. 1 Perancangan Kotak <i>Trainer Kit</i>	31
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Sistem <i>Local</i>	33
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Cara Kerja Sistem Remote	34
Gambar 3. 4 Kotak <i>Trainer Kit</i>	36
Gambar 3. 5 Programmable Logic Controller (PLC).....	37
Gambar 3. 6 <i>Relay Auxiliary</i> Omron MY2N	38
Gambar 3. 7 Miniature <i>Close</i> (MCB)	39
Gambar 3. 8 Selector Switch 2 Posisi	40
Gambar 3. 9 <i>Switch Position Indicator</i> LED	41
Gambar 3. 10 Kabel NYAF	42
Gambar 3. 11 Terminal Block	42
Gambar 3. 12 Diagram Blok Sistem	43
Gambar 3. 13 <i>Wiring</i> Diagram <i>Supply</i> Tegangan.....	44
Gambar 3. 14 <i>Wiring</i> Diagram <i>Input</i> PLC (1).....	45
Gambar 3. 15 <i>Wiring</i> Diagram <i>Input</i> PLC (2).....	45
Gambar 3. 16 <i>Wiring</i> Diagram <i>Output</i> PLC (1).....	46
Gambar 3. 17 <i>Wiring</i> Diagram <i>Output</i> PLC (2).....	47
Gambar 3. 18 <i>Wiring</i> Diagram Lampu Indikator (1)	47
Gambar 3. 19 <i>Wiring</i> Diagram Lampu Indikator (2)	48
Gambar 3. 20 <i>Wiring</i> Diagram Lampu Indikator (3)	48
Gambar 3. 21 Proses Realisasi Kotak <i>Trainer Kit</i>	49
Gambar 3. 22 Realisasi <i>Wiring</i>	50
Gambar 3. 23 Desain awal SCADA.....	52
Gambar 3. 24 <i>Design</i> Alarm pada SCADA	53
Gambar 4. 1 Realisasi <i>Trainer Kit</i>	54
Gambar 4. 2 <i>Layout</i> Komponen.....	55
Gambar 4. 3 Tampilan Alat Peraga	55
Gambar 4. 4 Contoh Diagram <i>Ladder</i> <i>Bay</i> Trafo.....	56
Gambar 4. 5 Contoh Diagram <i>Ladder</i> <i>Bay Coupler</i>	56
Gambar 4. 6 Contoh Diagram <i>Ladder</i> <i>Bay Line</i>	57
Gambar 4. 7 Halaman <i>Home</i> SCADA	58

- 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



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

Gambar 4. 8 Halaman <i>About Project</i>	58
Gambar 4. 9 Halaman <i>Login</i> pada SCADA	59
Gambar 4. 10 Halaman SLD	60
Gambar 4. 11 <i>Selector Switch Local Remote</i>	61





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 TABEL

Tabel 2. 1 Logika <i>Interlock</i>	12
Tabel 2. 2 Perbandingan antara Gadu Induk dengan <i>Trainer Kit</i>	21
Tabel 2. 3 Spesifikasi PLC Omron CP2E N40DR-A.....	24
Tabel 3. 1 Spesifikasi Teknis Alat Tugas Akhir	35
Tabel 3. 2 Perhitungan Daya	39
Tabel 4. 1 Pengujian Komponen	62
Tabel 4. 2 Pengujian <i>Input</i> PLC Omron CP2E N40DR-A.....	65
Tabel 4. 3 Pengujian Output PLC Omron CP2E N40DR-A	67
Tabel 4. 4 Pengujian Fungsi Lampu Indikator	70
Tabel 4. 5 Pengujian Manuver <i>Bay</i> Trafo.....	72
Tabel 4. 6 Pengujian Manuver <i>Bay Line</i>	75
Tabel 4. 7 Pengujian Manuver <i>Bay Coupler</i>	79
Tabel 4. 8 Pengujian <i>Emergency Stop</i>	82
Tabel 4. 9 Pengujian Tegangan Terukur	84
Tabel 4. 10 Rekap Hasil Pengujian	87
Tabel 4. 11 Korelasi antara skenario pengujian dengan kompetensi	89

**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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem tenaga listrik merupakan infrastruktur kritis yang menopang seluruh aktivitas kehidupan modern. Dalam rantai penyaluran energi listrik, gardu induk 150/20 kV memegang peranan vital sebagai titik kendali yang menurunkan tegangan transmisi 150 kV menjadi tegangan menengah 20 kV untuk kemudian disalurkan ke pelanggan industri, komersial, maupun rumah tangga. Keandalan operasi gardu induk secara langsung menentukan kualitas dan kontinuitas pasokan listrik kepada jutaan pelanggan yang bergantung padanya.

Menurut (Dinata et al., 2021). Gardu induk sebagai komponen utama sistem tenaga listrik memiliki peran dalam proses transformasi dan distribusi energi listrik dari jaringan transmisi 150 kV ke jaringan distribusi 20 kV, di mana keandalan operasinya sangat bergantung pada prosedur manuver *switching* yang tepat."

Operasi gardu induk melibatkan prosedur manuver *switching* yang kompleks pada tiga peralatan utama: Pemutus Tenaga (PMT), Pemisah (PMS), dan *Earth Switch* (ES). Masing-masing memiliki batasan operasi yang berbeda secara fundamental — PMT mampu memutus rangkaian berbeban, PMS hanya boleh dioperasikan dalam kondisi bebas arus, dan ES difungsikan untuk membumikan saluran yang telah dibebaskan dari tegangan. Seluruh prosedur harus dijalankan secara berurutan sesuai SOP yang berlaku. Kesalahan manuver akibat *human error* seperti mengoperasikan PMS dalam kondisi berbeban, menutup ES pada saluran bertegangan, atau urutan manuver yang tidak sesuai prosedur — dapat mengakibatkan kerusakan peralatan bernilai miliaran rupiah, pemadaman massal hingga ratusan ribu pelanggan, bahkan kecelakaan kerja yang mengancam keselamatan jiwa personel.

Sebagai respons terhadap risiko tersebut, sistem *Interlock* dikembangkan sebagai lapisan pengaman yang memastikan setiap operasi *switching* hanya dapat dilakukan apabila seluruh kondisi prasyarat telah terpenuhi. Sistem ini bekerja dengan memblokir secara otomatis setiap operasi yang tidak aman, sehingga



© 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

operator secara fisik tidak dapat melakukan manuver yang salah meskipun tanpa disengaja. Pada era modern, sistem *Interlock* diimplementasikan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) yang terintegrasi dengan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) / *Human Machine Interface* HMI, memberikan keunggulan berupa fleksibilitas pemrograman, kecepatan respons, kemudahan diagnosis, serta kemampuan integrasi dengan protokol komunikasi industri standar.

Di sisi lain, pelatihan operator dan teknisi gardu induk menghadapi tantangan serius. Akses ke fasilitas gardu induk yang beroperasi secara komersial sangat terbatas karena alasan keselamatan dan kontinuitas operasi, sehingga operator baru tidak dapat berlatih langsung pada peralatan bertegangan. Solusi simulasi yang ada pun masih memiliki keterbatasan masing – masing simulator berbasis perangkat lunak tidak memberikan pengalaman taktil yang dibutuhkan untuk membangun refleksi operasi yang benar, maket fisik konvensional berukuran besar dan tidak portabel, serta sebagian besar hanya merepresentasikan satu *Bay* tunggal yang tidak mencerminkan kompleksitas operasi gardu induk nyata.

Penelitian ini hadir untuk menjawab keterbatasan tersebut dengan merancang dan merealisasikan *Trainer Kit* sistem *Interlock* gardu induk 150/20 kV yang mengintegrasikan PLC Omron CP2E-N40DR-A dengan antarmuka SCADA/HMI dinamis berbasis laptop. Kebaruan utama penelitian ini terletak pada cakupan representasi tiga *Bay* operasional secara simultan *Bay* Trafo, *Bay Coupler*, dan *Bay Line* dengan seluruh logika *Interlock* yang tersinkronisasi secara *real-time* mengacu pada SOP PT PLN (Persero) dan IEC 61850. *Trainer Kit* dikemas dalam wadah portabel berbobot sekitar 13 kg, dilengkapi sistem indikasi alarm multi-kondisi, sehingga menjadi solusi media pembelajaran yang komprehensif, ringkas, dan aman digunakan tanpa risiko kecelakaan kerja.



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

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan Perangkat Keras *Trainer Kit* sistem *Interlock* gardu induk 150/20 kV yang portabel, fungsional, dan representatif menggunakan PLC Omron CP2E-N40DR-A sebagai kontroler utama?
2. Bagaimana mengimplementasikan logika *Interlock* untuk tiga *Bay* gardu induk (*Bay* Trafo, *Bay Coupler*, dan *Bay Line*) secara simultan ke dalam program *Ladder Diagram* pada PLC.
3. Bagaimana membangun antarmuka SCADA/HMI berbasis CX-Supervisor yang mampu menampilkan status *single-line* diagram secara *real-time*, memberikan indikasi alarm pada setiap pelanggaran *Interlock*.
4. Bagaimana hasil pengujian sistem dalam memvalidasi seluruh skenario operasi normal (*Permissive*) maupun skenario anomali/mal-operasi (*Inhibit*) pada ketiga *Bay* gardu induk yang direpresentasikan?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan merealisasikan *Trainer Kit* sistem *Interlock* gardu induk 150/20 kV dalam wadah portabel berbasis PLC Omron CP2E-N40DR-A yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran operasi *switching* gardu induk.
2. Mengimplementasikan logika *Interlock* tiga *Bay* (*Bay* Trafo, *Bay Coupler*, *Bay Line*) sesuai SOP manuver *switching* PT PLN (Persero) dan Standar IEC 61850 dalam bentuk program *Ladder Diagram* pada PLC dengan waktu respons *real-time*.
3. Mengembangkan antarmuka SCADA/HMI berbasis CX-Supervisor dengan fitur *single-line* diagram dinamis, kontrol virtual, dan sistem indikasi alarm.
4. Memvalidasi kinerja sistem melalui skenario pengujian terstruktur yang mencakup skenario operasi normal dan skenario anomali/mal-operasi.



© 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

1.4 Luaran

Luaran yang dihasilkan dari penelitian ini meliputi:

1. Produk Perangkat Keras, *Trainer Kit* sistem *Interlock* gardu induk 150/20 kV dalam kotak portabel berukuran 50×40×35 cm dengan berat total ± 13 kg, dilengkapi panel operasi, lampu indikator, *selector switch*, dan sistem pengaman.
2. Produk Perangkat Lunak PLC, Program *Ladder Diagram* pada PLC Omron CP2E-N40DR-A yang mengimplementasikan logika *Interlock* lengkap untuk tiga *Bay* gardu induk.
3. Produk perangkat lunak SCADA/HMI, Antarmuka SCADA/HMI berbasis CX-Supervisor dengan *single-line* diagram dinamis yang menampilkan status *real-time* seluruh peralatan *switching* pada tiga *Bay*.
4. Dokumentasi Ilmiah, Laporan tugas akhir dan artikel ilmiah yang dipublikasikan pada Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) dengan judul "Rancang Bangun Sistem *Interlock* GI 150/20 kV Berbasis PLC dan SCADA."
5. Media Pembelajaran: Sarana pelatihan interaktif bagi teknisi dan operator gardu induk untuk memahami komponen Gardu Induk, prosedur manuver *switching*, dan prinsip kerja sistem *Interlock* berbasis PLC-SCADA secara aman tanpa risiko kecelakaan kerja.

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 V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Perangkat Keras *Trainer Kit* sistem *Interlock* gardu induk 150/20 kV berhasil dirancang dan direalisasikan menggunakan PLC Omron CP2E-N40DR-A sebagai kontroler utama, dalam bentuk kotak portabel berukuran $50 \times 40 \times 35$ cm dengan berat total ± 13 kg. *Trainer Kit* ini terbukti fungsional dan representatif dalam mensimulasikan sistem otomasi gardu induk sebagai media pembelajaran.
2. Logika *Interlock* untuk ketiga *bay* gardu induk (*Bay* Trafo, *Bay* Coupler, dan *Bay* Line) berhasil diimplementasikan secara simultan dalam satu program *Ladder Diagram* pada PLC, dengan total 71 rung sesuai Prosedur Operasi Standar Lokal PLN. Ketiga *bay* dapat beroperasi dan berinteraksi secara bersamaan tanpa konflik logika, dengan waktu respons sistem kurang dari 0,2 ms.
3. Antarmuka SCADA/HMI berbasis CX-Supervisor berhasil dibangun dan mampu menampilkan status *Single Line Diagram* (SLD) secara *real-time*, meliputi pemantauan status peralatan, kontrol virtual jarak jauh, serta pemberian indikasi alarm pada setiap pelanggaran *Interlock* yang terjadi di ketiga *bay*.
4. Hasil pengujian terhadap 102 skenario operasi pada ketiga *bay* gardu induk (*Bay* Trafo, *Bay* Coupler, dan *Bay* Line) — mencakup skenario normal (*Permissive*) maupun skenario anomali/mal-operasi (*Inhibit*) — menunjukkan tingkat keberhasilan validasi sebesar 100%. Sistem secara konsisten memberikan respons *Permissive* pada prosedur operasi yang benar dan respons *Inhibit* disertai alarm pada setiap pelanggaran prosedur, sehingga seluruh skenario operasi pada ketiga *bay* telah tervalidasi sesuai standar IEC 61850, IEC 62271-100, dan IEC 62271-102.



© 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

5. *Trainer Kit* yang dikembangkan layak digunakan sebagai media pembelajaran interaktif untuk mempelajari fungsi peralatan *switching* gardu induk, urutan manuver sesuai SOP PLN, prinsip kerja sistem *Interlock* berbasis PLC-SCADA, serta dampak pelanggaran prosedur operasi. *Trainer* ini dapat menjadi alternatif pembelajaran yang aman dan efektif tanpa harus melakukan pengoperasian langsung pada gardu induk yang berpotensi mengganggu kontinuitas penyaluran tenaga listrik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan, berikut beberapa saran untuk pengembangan lanjutan:

1. Perluasan Cakupan Konfigurasi, gardu induk nyata memiliki konfigurasi yang jauh lebih kompleks dengan banyak *Bay* dan penyulang. *Trainer Kit* dapat dikembangkan untuk merepresentasikan konfigurasi yang lebih kompleks seperti konfigurasi *double* busbar penuh dengan lebih banyak *Bay* atau konfigurasi ring bus.
2. Integrasi Modul Proteksi Digital, Pengembangan ke depan dapat mengintegrasikan modul *relay* proteksi digital (*Overcurrent Relay*, *Differential Relay*) sehingga *Trainer Kit* juga dapat merepresentasikan interaksi antara sistem *Interlock* dan sistem proteksi. Kedua aspek ini merupakan pilar utama keamanan operasi gardu induk modern.
3. Pengembangan Modul Evaluasi, menambahkan kemampuan komunikasi antar PLC dan fitur-fitur yang lebih sesuai dengan era industri modern. Dalam konteks *Trainer Kit* gardu induk, modul penilaian berbasis skenario yang secara otomatis mencatat dan menilai performa peserta dapat dikembangkan untuk mendukung pelatihan formal teknisi PLN sesuai kompetensi yang disyaratkan oleh Standar Operasional Prosedur PLN
4. Peningkatan Material Kotak, Material kotak kayu dapat digantikan dengan material akrilik transparan atau panel aluminium untuk meningkatkan estetika dan ketahanan jangka panjang.



DAFTAR PUSTAKA

- (IEC), T. I. E. C. (2009). International Standard International (IEC 61131-3). In *International Standard, 2nd ed.* (Vol. 2003). <https://iec.ch/homepage>
- (IEC), T. I. E. C. (2018). International Standard International (IEC 62271-102). In *IEC 62271-102: IEC 62271-102*. www.iec.ch
- (IEC), T. I. E. C. (2024). *International Standard International (IEC 62271-100): 3.0 2024-0*. www.iec.ch
- Cristian Napitupulu, J., & M L Tobing, P. S. (2013). Analisis Keandalan Transformator Daya Menggunakan Metode Distribusi Weibull (Studi Kasus Transformator Daya Gi. Titi Kuning Pt. Pln Persero). *Singuda Ensikom*, 03(03), 112–117.
- Dinata, S. (2018). PERANCANGAN HUMAN MACHINE INTERFACE SIMULATOR GARDU INDUK 150 kV. *EPIC: Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.32493/epic.v1i1.1556>
- Dinata, S., Asroni, M., & Bakhri, S. (2021). Design of Interlock High Voltage Bay Transformer 150/20 kV System Simulator. *Journal of Physics: Conference Series*, 1772(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1772/1/012003>
- Fakih, R. A., & Hidayat, R. (2022). ANALISA PENERAPAN SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION (SCADA) DI GARDU INDUK 150 KV PONCOL BARU PT PLN (PERSERO) UNIT PELAKSANA TRANSMISI BEKASI. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, 20(20), 137–143. <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- Gonibala, M. A. A., Silimang, S., & Patras, L. S. (2018). Analisis Pengujian Unjuk Kerja Pemisah (Disconnecting Switch) di Gardu Induk 150kV Otam. *Jurnal Teknik Elektro*, 2, 1–10.
- Hidayat Arief, N., Yuningtyastuti, I., & Karnoto. (2015). *Perancangan Sistem Interlock Pmt Dan Pms Menggunakan Programmable Logic Control (Plc) Berbasis Supervisory Control and Data Acquisition (Scada)*. 1–10.
- Kumar, S., Abu-Siada, A., Das, N., & Islam, S. (2023). Review of the Legacy and Future of IEC 61850 Protocols Encompassing Substation Automation System. *Electronics (Switzerland)*, 12(15), 1–20. <https://doi.org/10.3390/electronics12153345>
- Kurniawan, I. H., & Muliarto, R. F. (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. <https://doi.org/10.21107/triac.v7i1.7514>
- Namoda, A. C., Mangindaan, G. M. C., & Patras, L. S. (n.d.). *Analysis of SF₆ Circuit Breaker Performance Using (FMEA) Method*. 1–8.

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

- Omron Electronic. (2017). *Datasheet Relay MY*.
<https://www.omron.com/global/en/>
- Omron Electronic. (2019). Datasheet PLC CP2E. In *automation.omron.com*.
<https://www.omron.com/global/en/>
- PT. PLN (PERSERO). (2017). Sistem Manajemen Terintegrasi. In *SISTEM MANAJEMEN TERINTEGRASI*. <https://www.pln.co.id/>
- PT. PLN (PERSERO). (2025). *Pengoperasian Gardu Induk*.
- Samuel Marco Gunawan, J. S. (2013). Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. *Dimensi Teknik Elektro*, 1(1), 37–42.





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 PENULIS



Rayhan Ramadhan

Lulusan dari SD Negeri Depok Jaya 1, pada tahun 2017, SMP Negeri 19 Depok, pada tahun 2020, dan SMK Negeri 2 Depok, pada tahun 2023. Sampai Tugas Akhir ini dibuat, penulis masih merupakan mahasiswa aktif Politeknik Negeri Jakarta Program Studi Teknik Listrik.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

Lampiran gambar selama pengerjaan alat

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

