



© 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 dan Evaluasi Proteksi *Overcurrent*, *Ground Fault* dan *Monitoring* Sistem Distribusi AC

SKRIPSI

Muhamad Farhan

2203411026
POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

PROGRAM 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 dan Evaluasi Proteksi *Overcurrent*, *Ground Fault* dan
Monitoring Sistem Distribusi AC**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Terapan

Oleh :

Muhamad Farhan

NIM.2203411026

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

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 : Muhamad Farhan

NIM : 2203411026

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Juni 2026

**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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Muhamad Farhan

NIM : 2203411026

Program Studi : Teknik Otomasi Listrik Industri

Judul Tugas Akhir : Implementasi dan Evaluasi Proteksi *Overcurrent*, *Ground fault* dan *Monitoring* Sistem Distribusi AC

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada (Senin, 29 Juni 2026) dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Ir.Danang Widjajanto,M.T.,M.kom
199107132020122013

Pembimbing II : Ajeng Bening Kusumaningtyas S.S.T., M.Tr.T.
199405202020122017

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 16 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 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 atas berkat dan rahmat-Nya sehingga Skripsi yang berjudul "Implementasi dan Evaluasi Proteksi Overcurrent, Ground Fault dan Monitoring Sistem Distribusi AC" ini dapat diselesaikan dengan baik, sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Danang Widjajanto, M.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahannya.
2. Ibu Ajeng Bening Kusumaningtyas, S.S.T., M.Tr.T. selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahannya.
3. Seluruh mentor dan pembimbing lapangan di tempat penulis melaksanakan kegiatan magang, atas bimbingan, serta pengalaman berharga yang diberikan.
4. Orang tua dan keluarga penulis atas dukungan moral, material, dan doa yang tiada henti.
5. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri angkatan 2022 serta seluruh pihak yang telah membantu kelancaran penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang sistem proteksi dan monitoring distribusi tenaga listrik..

Depok, 21 Juni 2026

Muhamad Farhan



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 dan Evaluasi Proteksi *Overcurrent*, *Ground Fault* dan Monitoring Sistem Distribusi AC

ABSTRAK

Penelitian ini mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem proteksi *Overcurrent*, deteksi *Ground Fault*, serta monitoring distribusi tenaga listrik AC berbasis Internet of things (IoT) pada panel distribusi utama di ruang *Quality Control* (QC) yang digunakan sebagai sumber suplai pengujian *Factory Acceptance Test* (FAT). Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pengolah data yang terintegrasi dengan sensor arus SCT-013, sensor tegangan ZMPT101B, dan *insulation tester* IR-425 untuk deteksi *Ground Fault*. Data monitoring dikirimkan secara *real-time* menggunakan protokol MQTT ke broker HiveMQ, diolah oleh Node-RED, dan ditampilkan pada *dashboard* FUXA. Sistem dilengkapi mekanisme proteksi *Overcurrent* dengan fitur *reclose* otomatis dan *lockout*, proteksi *overvoltage* dan *undervoltage* berbasis alarm, serta penyimpanan data historis menggunakan *database* SQLite. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor ZMPT101B mencapai rata-rata error tegangan sebesar 0,05% dan sensor SCT-013 mencapai rata-rata error arus sebesar 0,90%, keduanya memenuhi kriteria penerimaan yang ditetapkan. Sistem proteksi *Overcurrent* berhasil mendeteksi kondisi arus lebih dengan waktu respons rata-rata 312 ms termasuk delay proteksi 300 ms. Proteksi *overvoltage* dan *undervoltage* berhasil mendeteksi seluruh kondisi pengujian dengan batas toleransi $\pm 10\%$ dari tegangan nominal. Komunikasi data MQTT memiliki rata-rata *response time* sebesar 293,7 ms, dan penyimpanan data SQLite berjalan dengan rata-rata waktu 23 ms.

Kata kunci : *Proteksi Overcurrent, Ground Fault, Monitoring Distribusi AC, Internet of things (IoT), ESP32, MQTT, Node-RED, FUXA, SQLite*



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 and Evaluation of Overcurrent Protection, Ground Fault, and AC Distribution System Monitoring

ABSTRACT

This research implements and evaluates an Overcurrent protection, Ground Fault detection, and AC power distribution monitoring system based on Internet of things (IoT) on the main distribution panel in the Quality Control (QC) room, which serves as the power supply source for Factory Acceptance Test (FAT) procedures. The system was designed using an ESP32 microcontroller as the main data processing unit, integrated with an SCT-013 current sensor, ZMPT101B voltage sensor, and IR-425 insulation tester for Ground Fault detection. Monitoring data is transmitted in real-time using the MQTT protocol to the HiveMQ broker, processed by Node-RED, and displayed on the FUXA dashboard. The system is equipped with an Overcurrent protection mechanism featuring automatic reclose and lockout functions, overvoltage and undervoltage alarm-based protection, and historical data storage using a SQLite database. Test results show that the ZMPT101B sensor achieved an average voltage error of 0.05% and the SCT-013 sensor achieved an average current error of 0.90%, both meeting the established acceptance criteria. The Overcurrent protection system successfully detected Overcurrent conditions with an average response time of 312 ms including a 300 ms protection delay. Overvoltage and undervoltage protection successfully detected all test conditions within a tolerance of $\pm 10\%$ of the nominal voltage. MQTT data communication had an average response time of 293.7 ms, and SQLite data storage operated with an average time of 23 ms.

Keywords : Overcurrent Protection, Ground Fault, AC Distribution Monitoring, Internet of things (IoT), ESP32, MQTT, Node-RED, FUXA, SQLite



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 TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Luaran	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu yang Relevan.....	6
2.2 Konsep dan Teori yang Relevan.....	7
2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik	7
2.2.2 Gangguan pada Sistem Distribusi	9
2.2.3 Sistem Proteksi Tenaga Listrik.....	10
2.2.4 Sistem Monitoring Berbasis IoT	10
2.2.5 Sensor Arus dan Tegangan	11
2.2.6 Pengukuran Tegangan Tiga Fasa.....	13
2.2.7 ESP32.....	14
2.2.8 MQTT (<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>).....	15



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

2.2.9 Node-RED.....	16
2.2.10 FUXA.....	17
2.2.11 NGROK.....	18
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	19
3.1 Rancangan Alat	19
3.1.1 Deskripsi alat.....	19
3.1.2 Cara kerja alat	20
3.1.3 Spesifikasi alat	21
3.1.4 Diagram Blok.....	25
3.1.5 Diagram Alir Sistem.....	25
3.1.6 Diagram Alir IoT.....	26
3.1.7 Desain Penelitian.....	27
3.1.8 Desain Sistem.....	28
3.1.9 Desain Perancangan Alat	29
3.1.10 Diagram Pengawatan	30
3.2 Realisasi Alat.....	31
3.2.1 Konfigurasi ESP32.....	31
3.2.2 Konfigurasi MQTT Broker.....	33
3.2.3 Konfigurasi FUXA.....	34
3.2.4 Konfigurasi Node-RED.....	41
3.3 Metode Pengujian Dan Kriteria Evaluasi.....	55
BAB IV PEMBAHASAN.....	56
4.1 Pengujian Sensor.....	56
4.1.1 Deskripsi Pengujian	56
4.1.2 Pengujian Sensor Arus SCT-013.....	57
4.1.3 Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101B	59
4.1.4 Perhitungan Tegangan Antar Fasa.....	62
4.2 Pengujian Sistem Proteksi.....	63
4.2.1 Deskripsi Pengujian	63



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

4.2.2 Pengujian Proteksi <i>Overcurrent</i>	64
4.2.3 Pengujian Proteksi <i>Ground Fault</i>	66
4.2.4 Pengujian Proteksi <i>Overvoltage</i> Dan <i>Undervoltage</i>	70
4.2.5 Pengujian Sistem <i>Reclose</i> dan <i>Lockout</i>	72
4.3 Pengujian Sistem Monitoring.....	74
4.3.1 Deskripsi Pengujian	74
4.3.2 Pengujian Komunikasi MQTT	74
4.3.3 Pengujian Penyimpanan Data SQLite.....	76
4.4 Implementasi Fitur Event Logging	78
4.4.1 Event Logging SQLite	78
4.4.2 Ekspor Data Monitoring.....	79
4.5 Ringkasan Pemenuhan Sistem	80
BAB V PENUTUP.....	82
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....	85
LAMPIRAN.....	87
Lampiran 1 Riwayat Hidup Penulis	87
Lampiran 2 Dokumentasi.....	88



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 Perbandingan Penelitian	7
Tabel 3. 1 Komponen yang digunakan	22
Tabel 3. 2 Library yang digunakan	32
Tabel 3. 3 Parameter koneksi MQTT	33
Tabel 3. 4 Parameter koneksi MQTT	37
Tabel 3. 5 Daftar tag pada FUXA	39
Tabel 3. 6 Kriteria Pengujian Sistem	55
Tabel 4. 1 Pengujian sensor arus SCT-013	58
Tabel 4. 2 Data Pengujian Tegangan R-N	60
Tabel 4. 3 Data Pengujian Tegangan S-N	60
Tabel 4. 4 Data Pengujian Tegangan T-N	61
Tabel 4. 5 Nilai Tegangan Antar Fasa	62
Tabel 4. 6 Tabel Pengujian Overcurrent	65
Tabel 4. 7 Pengujian Overvoltage	71
Tabel 4. 8 Pengujian Undervoltage	71
Tabel 4. 9 Pengujian Reclose & Lockout	73
Tabel 4. 10 Pengujian Response time MQTT	75
Tabel 4. 11 Pengujian Response time SQLite	77
Tabel 4. 12 Ringkasan pemenuhan fungsi sistem	81

**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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sensor SCT-013	11
Gambar 2. 2 Sensor ZMPT101B	12
Gambar 2. 3 ESP32.....	15
Gambar 2. 4 MQTT	15
Gambar 2. 5 Node-RED	16
Gambar 3. 1 Diagram Blok	25
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem.....	26
Gambar 3. 3 Diagram Alir IoT.....	27
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3. 5 Desain Sistem Monitoring & Proteksi	28
Gambar 3. 6 Desain Perancangan Panel	29
Gambar 3. 7 Diagram Pengawatan.....	30
Gambar 3. 8 Diagram Pengawatan.....	31
Gambar 3. 9 Parameter jaringan Wi-Fi	32
Gambar 3. 10 Penghubungan ESP32 ke broker MQTT.....	34
Gambar 3. 11 Membuka FUXA dengan Windows Powershell.....	35
Gambar 3. 12 Perintah npm start.....	35
Gambar 3. 13 Tampilan FUXA Berhasil di Eksekusi	36
Gambar 3. 14 Link untuk Akses FUXA.....	36
Gambar 3. 15 Menu settings connections	37
Gambar 3. 16 FUXA berhasil terhubung dengan MQTT	38
Gambar 3. 17 Tampilan menu broker topics.....	38
Gambar 3. 18 Tampilan menu dashboard editor	40
Gambar 3. 19 Level Alarm pada Sistem	41
Gambar 3. 20 Menu Node-RED Flows pada FUXA	42
Gambar 3. 21 Konfigurasi MQTT pada Node-RED	43
Gambar 3. 22 Parameter Topic MQTT In	43
Gambar 3. 23 Tampilan Node MQTT Out.....	44
Gambar 3. 24 Konfigurasi Node Function.....	45
Gambar 3. 25 Konfigurasi MQTT Out	46
Gambar 3. 26 Flow Indikasi & Prioritas Alarm	46
Gambar 3. 27 Flow Control Relay Module.....	47
Gambar 3. 28 Function Interlock Pengaktifan Relay.....	47
Gambar 3. 29 Konfigurasi database SQLite	48
Gambar 3. 30 Database SQLite.....	49
Gambar 3. 31 Node Flow SQLite	49
Gambar 3. 32 Konfigurasi Node Inject	50



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

Gambar 3. 33 Node Flow Monitoring AVG 1 Jam	51
Gambar 3. 34 Node Inject Reset Monitoring.....	52
Gambar 3. 35 Node http in.....	53
Gambar 3. 36 Flow Export Database	53
Gambar 3. 37 Hasil Export Data Monitoring.....	54
Gambar 3. 38 Tampilan Report Event dalam Bentuk PDF	54
Gambar 4. 1 Kabel pada SCT-013	57
Gambar 4. 2 Hasil Pengujian Sensor SCT-013	59
Gambar 4. 3 Nilai Resistansi pada IR-425.....	67
Gambar 4. 4 Tampilan Status pada FUXA.....	68
Gambar 4. 5 Pengujian Ground <i>fault</i> pada IR-425	69
Gambar 4. 6 Tampilan Overvoltage pada FUXA.....	72
Gambar 4. 7 Esp32 Terhubung ke Broker MQTT	75
Gambar 4. 8 Tampilan Event Logging.....	78
Gambar 4. 9 Ekspor Data pada FUXA.....	79
Gambar 4. 10 File PDF Data Monitoring.....	79
Gambar 4. 11 File XLSX Data Monitoring.....	80

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan bagian penting dalam penyaluran energi listrik dari sumber tegangan ke beban yang digunakan. Pada sistem ini, baik jaringan AC satu fasa maupun tiga fasa, diperlukan tingkat keandalan yang tinggi untuk menjamin kontinuitas suplai listrik. Namun pada kondisi operasional, sistem distribusi masih rentan mengalami gangguan seperti arus lebih (*Overcurrent*) dan gangguan tanah (*Ground Fault*) yang berpotensi menyebabkan kerusakan peralatan serta mengganggu penyaluran energi listrik (Zakri et al., 2024).

Gangguan *Overcurrent* umumnya terjadi akibat beban lebih atau hubung singkat, sedangkan *Ground Fault* muncul akibat adanya kegagalan isolasi yang mengakibatkan arus bocor ke tanah (Multi et al., 2022). Pada sistem distribusi, gangguan ini harus ditangani dengan menggunakan sistem proteksi yang andal untuk menjaga stabilitas sistem serta mencegah terjadinya kerusakan pada komponen listrik. Selain itu, kualitas tegangan juga menjadi parameter penting, dimana ketidakstabilan tegangan seperti *overvoltage* atau *undervoltage* dapat mempengaruhi kinerja peralatan listrik dan mengurangi umur peralatan tersebut (Firdaus, 2021). Untuk melindungi sistem dari gangguan tersebut, digunakan perangkat proteksi berupa *Overcurrent* relay (OCR) dan *Ground Fault* relay (GFR). *Overcurrent* relay bekerja dengan mendeteksi kondisi arus lebih yang melebihi nilai ambang tertentu dan memberikan perintah trip untuk memutus rangkaian sehingga kerusakan peralatan dapat dicegah. Sementara itu, *Ground Fault* relay digunakan untuk mendeteksi adanya arus bocor ke tanah akibat kegagalan isolasi dan memberikan tindakan proteksi guna meningkatkan keselamatan operasi sistem tenaga listrik.

Berbagai penelitian telah dilakukan terkait sistem monitoring dan proteksi pada sistem distribusi tenaga listrik. Penelitian oleh (Zaim & Ranolat, 2025) serta (Tandean & Muhtadi, 2025) telah mengembangkan sistem monitoring energi listrik tiga fasa

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

berbasis *Internet of things* (IoT) yang mampu menampilkan parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan daya secara real-time menggunakan platform cloud seperti Firebase dan Blynk. Meskipun sistem tersebut telah mampu menampilkan parameter kelistrikan secara real-time, penelitian ini belum terintegrasi dengan mekanisme proteksi terhadap gangguan, sehingga fungsinya masih terbatas pada pemantauan saja

Di sisi lain, penelitian oleh (SINULINGGA, 2020) telah mengembangkan sistem proteksi *Overcurrent* berbasis IoT yang mampu melakukan pemutusan arus secara otomatis ketika terjadi arus lebih. Meskipun sistem ini telah memiliki fungsi proteksi, penelitian tersebut masih terbatas pada satu jenis gangguan yaitu *Overcurrent*, serta belum mengintegrasikan parameter monitoring secara menyeluruh seperti tegangan dan sistem multi-fasa. Selain itu, penelitian oleh (Rosalin, 2022) juga menunjukkan implementasi sistem monitoring berbasis IoT pada pembangkit listrik skala kecil, namun masih terbatas pada pemantauan sederhana dan belum mencakup sistem proteksi.

Selain fungsi proteksi, perkembangan *Internet of things* (IoT) pada sistem tenaga listrik juga mendorong implementasi sistem monitoring berbasis komunikasi data secara real-time. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan protokol MQTT mampu mendukung proses pertukaran data monitoring dengan kebutuhan bandwidth yang relatif rendah sehingga sesuai untuk aplikasi monitoring sistem tenaga listrik berbasis IoT (Raziah et al., 2024), (Oktopryadin & Purnama, 2025). MQTT menerapkan mekanisme *publish/subscribe* dan Quality of Service (QoS) yang mendukung keandalan pengiriman data pada jaringan dengan sumber daya terbatas serta kebutuhan komunikasi real-time (Puthiyidam & Joseph, 2024). Integrasi MQTT dengan platform Node-RED juga memungkinkan proses pengelolaan, visualisasi, dan distribusi data monitoring dilakukan secara lebih fleksibel dan real-time (Utomo & Izzaturrahmani, 2025), (Tyrovolas & Hajnal, 2021).

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

Di sisi lain, penggunaan mikrokontroler ESP32 pada sistem monitoring dan proteksi tenaga listrik semakin banyak diterapkan karena memiliki konektivitas Wi-Fi terintegrasi, biaya implementasi yang relatif rendah, serta kemampuan pemrosesan data yang memadai untuk aplikasi IoT (Davidson et al., 2022), (Bayoumi et al., 2024). Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa integrasi sistem monitoring dengan deteksi gangguan dan monitoring kondisi grounding dapat membantu meningkatkan keandalan sistem distribusi tenaga listrik serta mempercepat proses identifikasi gangguan yang terjadi (Peter et al., 2022), (Anand, 2025).

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian sebelumnya masih memiliki keterbatasan, dimana sistem yang dikembangkan umumnya hanya berfokus pada monitoring atau proteksi secara terpisah, serta belum mengintegrasikan proteksi *Overcurrent*, deteksi *Ground Fault*, dan monitoring parameter kelistrikan dalam satu sistem terpadu. Oleh karena itu, kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan sistem monitoring dan proteksi distribusi AC berbasis *Internet of things* (IoT) yang mengintegrasikan fungsi monitoring tegangan dan arus secara real-time, proteksi *Overcurrent*, deteksi *Ground Fault*, mekanisme *reclose* dan *lockout*, serta fitur event logging dalam satu platform berbasis ESP32. Integrasi tersebut memungkinkan proses pemantauan dan proteksi dilakukan secara bersamaan melalui dashboard monitoring berbasis web.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem proteksi yang mampu mendeteksi serta merespons gangguan *Overcurrent* dan *Ground Fault* pada sistem distribusi AC 380 V dan 220 V?
2. Bagaimana merancang sistem monitoring tegangan dan arus berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform IoT secara *real-time*?
3. Seberapa besar tingkat akurasi sistem monitoring tegangan dan arus yang dikembangkan dibandingkan dengan alat ukur standar?

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

4. Bagaimana kinerja sistem proteksi dan monitoring terintegrasi berbasis IoT berdasarkan waktu respons, akurasi pengukuran, dan keandalan sistem?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem proteksi yang mampu mendeteksi serta merespons gangguan *Overcurrent* dan *Ground Fault* pada sistem distribusi AC 380 V dan 220 V.
2. Merancang sistem monitoring tegangan dan arus berbasis mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan platform IoT secara *real-time*.
3. Menganalisis tingkat akurasi sistem monitoring tegangan dan arus yang dikembangkan melalui perbandingan dengan alat ukur standar.
4. Mengevaluasi kinerja sistem proteksi dan monitoring terintegrasi berbasis IoT berdasarkan waktu respons, akurasi pengukuran, dan keandalan sistem.

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian ini difokuskan pada sistem distribusi AC tegangan rendah dengan objek pengujian berupa panel distribusi satu fasa 220 VAC dan tiga fasa 380 VAC.
2. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan fasa terhadap netral, estimasi tegangan antar fasa, arus fasa, status proteksi, status kontaktor, alarm, dan histori event sistem.
3. Fungsi proteksi yang dievaluasi meliputi *Overcurrent*, *Ground Fault* menggunakan *insulation tester* IR-425 berbasis pembacaan resistansi isolasi, *overvoltage*, *undervoltage*, mekanisme *reclose*, dan *lockout*.
4. Sistem yang dikembangkan merupakan prototipe monitoring dan proteksi berbasis ESP32-IoT untuk kebutuhan pembelajaran dan evaluasi panel uji. Sistem ini tidak dimaksudkan sebagai pengganti relay proteksi industri pada instalasi operasional tanpa validasi dan sertifikasi lebih lanjut.



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

5. Pengujian kinerja dilakukan pada sisi prototipe dengan parameter setpoint yang disesuaikan terhadap kondisi pengujian.

1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Prototipe sistem proteksi *Overcurrent* dan deteksi *Ground Fault* pada sistem distribusi listrik AC 380 V dan 220 V.
2. Sistem monitoring tegangan dan arus berbasis IoT yang mampu menampilkan data secara real-time.
3. Data hasil pengujian dan evaluasi kinerja sistem proteksi dan monitoring yang telah dikembangkan.
4. Laporan skripsi sebagai dokumentasi hasil penelitian.
5. Artikel ilmiah yang dapat dipublikasikan pada seminar atau jurnal di bidang teknik elektro.

**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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring dan proteksi distribusi tenaga listrik AC berbasis *Internet of things* yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Sistem monitoring tegangan berbasis sensor ZMPT101B berhasil diimplementasikan pada ketiga fasa distribusi AC yaitu fasa R-N, S-N, dan T-N dengan nilai error rata-rata keseluruhan sebesar 0,05%, jauh di bawah kriteria penerimaan yang ditetapkan sebesar 2%. Sistem monitoring arus berbasis sensor SCT-013 berhasil diimplementasikan dengan error rata-rata sebesar 0,90%, di bawah kriteria penerimaan 5%. Kedua sensor dinyatakan layak digunakan sebagai perangkat akuisisi data pada sistem monitoring distribusi tenaga listrik AC yang dikembangkan.

Sistem proteksi *Overcurrent* berhasil diimplementasikan dan diverifikasi dengan setpoint arus sebesar 1,5 A yang disesuaikan dengan kondisi beban di ruang QC. Sistem berhasil mendeteksi seluruh kondisi *Overcurrent* yang diuji dan mengaktifkan relay proteksi dengan waktu respons rata-rata sebesar 312 ms, yang terdiri dari delay proteksi 300 ms untuk menghindari trip palsu akibat fluktuasi sesaat ditambah waktu pemrosesan ESP32 rata-rata 12 ms. Mekanisme *reclose* otomatis berhasil memulihkan sistem setelah jeda 5 detik apabila gangguan bersifat sementara, dan fungsi *lockout* aktif setelah tiga kali trip berturut-turut untuk mencegah percobaan *reclose* pada gangguan yang persisten.

Deteksi *Ground Fault* pada perancangan awal direncanakan menggunakan sensor SCT-013 untuk mengukur arus residual, namun sensor tidak dapat membaca arus residual secara konsisten sehingga pendekatan dialihkan menggunakan insulation monitoring device IR-425. Pengujian dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi Normal dan kondisi *Fault*. Pada kondisi Normal, IR-425 menunjukkan nilai resistansi

isolasi sebesar 360 k Ω yang berhasil terbaca dan ditampilkan pada layar LCD IR-425. Pada kondisi *Fault*, simulasi dilakukan dengan menghubungkan resistor 24 k Ω antara terminal L1 dan PE, namun IR-425 membaca nilai resistansi aktual sebesar 21 k Ω yang berada di bawah ambang batas Alarm 2 (*Fault*) sebesar 23 k Ω , sehingga Alarm 1 dan Alarm 2 keduanya aktif sesuai dengan logika proteksi bertingkat yang dikonfigurasi pada perangkat. Kedua kondisi tersebut berhasil terverifikasi melalui pembacaan langsung pada layar LCD IR-425.

Sistem proteksi *overvoltage* dan *undervoltage* berhasil diverifikasi menggunakan MOSFET sebagai pengatur tegangan pada sensor ZMPT101B. Seluruh kondisi *overvoltage* dengan tegangan antara 243 V hingga 256 V dan seluruh kondisi *undervoltage* dengan tegangan antara 170 V hingga 189 V berhasil terdeteksi oleh sistem dengan respons berupa aktivasi buzzer dan notifikasi alarm pada dashboard FUXA.

Sistem monitoring real-time berbasis ESP32, MQTT, Node-RED, dan FUXA berhasil mengirimkan data monitoring dengan rata-rata *response time* Node-RED sebesar 293,7 ms. Penyimpanan data ke database SQLite dilakukan secara otomatis dengan rata-rata waktu penyimpanan sebesar 23 ms. Fitur event logging berhasil mencatat seluruh histori kejadian gangguan secara otomatis ke database SQLite dengan timestamp yang akurat, sedangkan fitur ekspor data berhasil menghasilkan file dalam format XLSX dan PDF yang dapat digunakan untuk keperluan analisis dan pelaporan kondisi sistem distribusi AC.

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

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Pengujian *Ground Fault* pada kondisi *Warning* perlu dilakukan dengan simulasi fisik menggunakan resistor pada rentang nilai antara 23 k Ω hingga 47 k Ω , sehingga respons sistem terhadap kondisi *pre-warning* dapat divalidasi secara terpisah dari kondisi *Fault*.
2. Sistem proteksi dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur notifikasi jarak jauh melalui email atau aplikasi pesan instan sehingga operator dapat menerima informasi kondisi gangguan secara real-time meskipun tidak berada di lokasi panel distribusi.



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

- Akbar, A. T. M. Z. (2025). *Design and Development of an Energy Monitoring System for Solar Power Plants and Inverter Output as an Energy Source in*. 4(1).
- Anand, N. K. (2025). *Real-Time Fault Detection in Power Distribution Systems Using IoT and Machine Learning for Smart Grid Reliability*. 10(1), 24–35.
- Arka, I. G. P., Mudiana, N., & Abasana, K. (2016). *ANALISIS ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 20 KV DENGAN OVER CURRENT RELAY (OCR) DAN GROUND FAULT RELAY (GFR) ANALYSIS OF SHORT CIRCUIT CURRENT IN THE 20 KV FEEDER BY USING OVER CURRENT RELAY (OCR) AND GROUND FAULT RELAY (GFR)*. 16(1), 46–52.
- Atmanto, D. A., Nanditama, R. W., Suteddy, W., & Adiwilaga, A. (n.d.). *Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT Menggunakan Fuzzy Logic Mamdani IoT-Based Electrical Energy Consumption Monitoring System Using Fuzzy Logic Mamdani*. 11(2), 151–166.
- Bayoumi, E., El-khozondar, H. J., Mtair, S. Y., Qoffa, K. O., Qasem, O. I., Munyarawi, A. H., Nassar, F., Bayoumi, E. H. E., Abd, A., Baset, E., El, A., & Halim, E. (2024). *A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller*. 9.
- Davidson, F., Agustin, M., Tenik, J., Jakarta, P. N., & Barat, J. (2022). *Design and Build an Internet of things System to Monitor Electrical Energy in Electronic Devices*. 1–10.
- Firdaus, R. F. (2021). *Pemrograman Prototype Penstabil Tegangan Untuk Mengatasi Gangguan Over-Under Voltage Menggunakan Arduino*. 153–161.
- Karunamurthy, A., Keerthana, K., & Suganthi, A. (2024). *Advanced Wireless Transmission Using NGROK*. May.
- Muhammad, K., Hidayat, W., Ghazi, M., & Faris, A. (2025). *IoT - Based Electrical Power Consumption Monitoring System in Households Using ESP32 and PZEM - 004T*. 5(2), 1077–1081.
- Multi, A., Addaus, T., Studi, P., Elektro, T., Sains, I., Moh, J., li, K., & Selatan, J. J. (2022). *ANALISA PROTEKSI OVER CURRENT RELAY (OCR) DAN GROUND FAULT RELAY (GFR) PADA TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK*. 021, 1–9.
- Oktopryadin, A., & Purnama, A. (2025). *IoT-Based UPS Device Electricity Usage Monitoring System with MQTT Protocol*. 9(4), 1290–1300.
- Peter, G., Stonier, A. A., Gupta, P., Gavilanes, D., & Vergara, M. M. (2022). *Smart*

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

Fault Monitoring and Normalizing of a Power Distribution System Using IoT.

Puthiyidam, J. J., & Joseph, S. (2024). *Internet of things Network Performance : Impact of Message and Client sizes and Reliability Levels*. 1–9.

Raziah, I., Novandri, A., Away, Y., Umar, U. T., Kuala, U. S., & Aceh, B. (2024). *Real-Time Monitoring of Photovoltaic Panel Using Node-RED*. 8(3), 2049–2060.

Rosalin, B. D. (2022). *Monitoring Arus Dan Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Ombak Berbasis Node-Red Dan ESP 8266*. 84–91.

SINULINGGA, R. K. (2020). *OVER CURRENT RELAY SEBAGAI SISTEM PROTEKSI DAN MONITORING ARUS BERBASIS INTERNET OF THINGS*.

Tandean, M. T., & Muhtadi, M. Z. Z. (2025). *Sistem Monitoring Energi Listrik 3 Fasa Berbasis IoT*. 3(2), 1–10.

Tyrovolas, M., & Hajnal, T. (2021). *Inter-communication between Programmable Logic Controllers using IoT technologies : A Modbus RTU / MQTT Approach*.

Utomo, E. B., & Izzaturrahmani, N. (2025). *Temperature and Humidity Monitoring System Using Node-Red Based on MQTT Protocol*. 7(1), 40–48. <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v4i2>

Zaim, M. Z., & Ranolat, S. (2025). *Sistem Monitoring Energi Listrik 3 Fase Berbasis IoT dan Firebase*. 12(2), 2–7.

Zakri, A. A., Ramadhan, R. A., & Sunanda, W. (2024). *Performance Evaluation of Overcurrent Relay and Ground Fault Relay Coordination in Distribution Feeder*. 11(1), 66–76. <https://doi.org/10.33019/jurnalecotipe.v11i1.4487>

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

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

**Hak Cipta :**

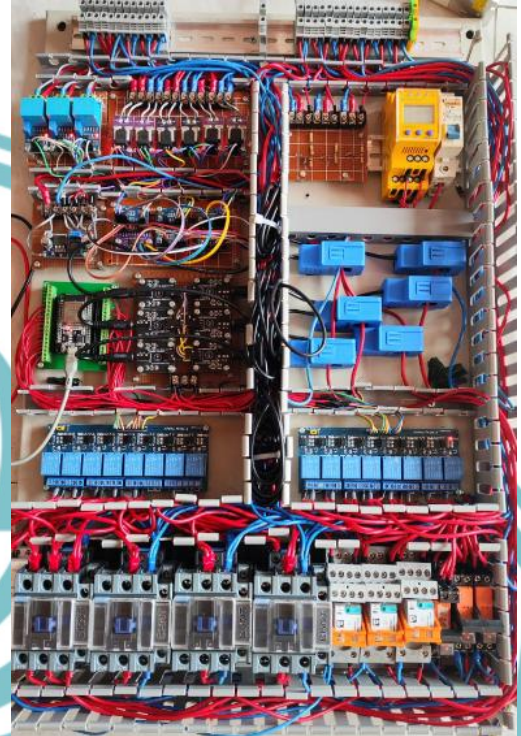
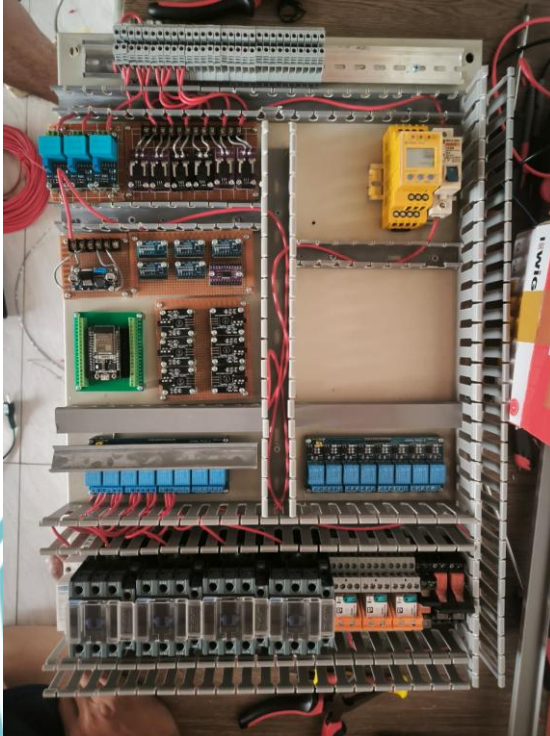
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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**

Muhamad Farhan, lahir di Jakarta pada tanggal 23 November 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN Cikaret 02 pada tahun 2015, SMP Citra Nusa pada tahun 2018, dan SMKN 1 Cibinong pada tahun 2022. Gelar Diploma Empat (D4) diperoleh pada tahun 2026 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta.



Lampiran 2 Dokumentasi



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

© 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

