



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



**SISTEM KONTROL OTOMATIS BERBASIS PLC DAN ESP32
PADA PROSES ELECTROCOAGULATION UNTUK
PENGOLAHAN AIR LIMBAH**

TUGAS AKHIR

Abdurrahman Ramadhani

2203311040

PROGRAM STUDI TEKNIK LISRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI Jakarta

2025



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



**SISTEM KONTROL OTOMATIS BERBASIS PLC DAN ESP32
PADA PROSES ELECTROCOAGULATION UNTUK
PENGOLAHAN AIR LIMBAH**

TUGAS AKHIR

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

**Abdurrahman Ramadhani
2203311040**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI Jakarta**

2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun 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 : Abdurrahman Ramadhani

NIM : 2203311040

Tanda Tangan :

Tanggal : 19 Juni 2025





© 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 : Abdurrahman Ramadhani

NIM : 2203311040

Program Studi : D3-Teknik Listrik

Judul Tugas Akhir : SISTEM KONTROL OTOMATIS BERBASIS PLC DAN
ESP32 PADA PROSES *ELECTROCOAGULATION*
UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada (Isi Hari dan Tanggal)
dan dinyatakan LULUS.

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

NIP.196609012000121001

Pembimbing II : Wisnu Hendri Mulyadi, S.T., M.T.

NIP.198201242014041002

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Depok, 19 Juni 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Muric 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 saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga di Politeknik Negeri Jakarta.

Tugas Akhir ini berjudul “Sistem Kontrol Otomatis Berbasis PLC Dan ESP32 Pada Proses *Electrocoagulation* Untuk Pengolahan Air Limbah”. Penelitian ini membahas perancangan dan pengembangan sistem kontrol berbasis PLC dan mikrokontroler untuk proses pengolahan air limbah menggunakan teknologi *electrocoagulation*. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk mengotomatisasi pengaturan parameter penting seperti arus, tegangan, dan durasi operasi guna meningkatkan efisiensi proses koagulasi dan sedimentasi dalam pemisahan kontaminan dari air limbah.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan karya ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Danang Widjajanto, M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan waktu yang sangat berharga selama proses penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Wisnu Hendri Mulyadi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan teknis dan evaluasi konstruktif demi penyempurnaan karya ini;
3. Orang tua dan keluarga penulis, yang telah memberikan dukungan moral dan material selama masa perkuliahan hingga selesainya Tugas Akhir ini;
4. Sahabat-sahabat penulis, yang telah banyak membantu dan memberikan semangat dalam proses penyusunan 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 memberikan manfaat dan menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Tugas akhir ini membahas perancangan dan realisasi sistem kontrol otomatis untuk pengolahan air limbah menggunakan metode elektrokoagulasi. Sistem ini dirancang untuk membaca parameter kualitas air seperti pH, Total Dissolved Solids (TDS), turbidity, dan level air secara real-time. Sensor pH, TDS, dan turbidity dihubungkan ke mikrokontroler ESP32, sementara sensor level air menggunakan sensor berbasis elektroda konduktivitas yang langsung terhubung ke PLC Siemens S7-1200 melalui input digital. Komunikasi antara ESP32 dan PLC dilakukan melalui protokol Modbus TCP/IP. Berdasarkan data yang diterima, PLC memproses logika kontrol dan mengatur aktuator berupa pompa DC dan motorized valve AC. Sistem ini bekerja secara otomatis dan dilengkapi dengan kontrol manual berupa tombol Start dan Stop. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan proses elektrokoagulasi dengan respons yang stabil terhadap perubahan parameter air, kemudian memberikan pengendalian aliran yang akurat berdasarkan nilai ambang batas. Penelitian ini menjawab celah penelitian sebelumnya di mana sistem hanya berbasis mikrokontroler tanpa integrasi PLC, tidak mendukung pengolahan berulang otomatis, dan belum mendukung visualisasi data paralel berbasis IoT. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi dan otomatisasi pengolahan air limbah dan memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi sistem kendali berbasis Internet of Things (IoT).

Kata Kunci : elektrokoagulasi, kontrol otomatis, ESP32, PLC Siemens S7-1200, Modbus TCP/IP, sensor air limbah, IOT



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

ABSTRAK

This final project discusses the design and implementation of an automatic control system for wastewater treatment using the electrocoagulation method. The system is designed to read water quality parameters such as pH, Total Dissolved Solids (TDS), turbidity, and water level in real-time. The pH, TDS, and turbidity sensors are connected to an ESP32 microcontroller, while the water level sensor uses a conductivity electrode-based sensor that is directly connected to a Siemens S7-1200 PLC via digital input. Communication between the ESP32 and PLC is carried out via the Modbus TCP/IP protocol. Based on the received data, the PLC processes control logic and regulates actuators in the form of DC pumps and AC motorized valves. This system operates automatically and is equipped with manual controls in the form of Start and Stop buttons. Test results show that the system is capable of performing the electrocoagulation process with a stable response to changes in water parameters, then providing accurate flow control based on threshold values. This research addresses gaps in previous studies where systems were microcontroller-based without PLC integration, did not support automatic repetitive processing, and did not support parallel data visualization based on IoT. This system has proven to enhance the efficiency and automation of wastewater treatment and has the potential to be developed into an Internet of Things (IoT)-based control system.

Key Words : *electrocoagulation, automatic control, ESP32, Siemens S7-1200 PLC, Modbus TCP/IP, wastewater sensors, IOT*



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 PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Luaran.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Elektrokoagulasi.....	4
2.2 Baku Mutu Air Limbah Domestik.....	5
2.3 Sistem Kontrol Otomatis	6
2.4 Peran <i>Programmable Logic Controller</i> (PLC)	7
2.4.1 Struktur Pemrograman PLC <i>Ladder Diagram</i> dan Fungsi Logika.....	8
2.4.2 Integrasi PLC dengan Sensor, ESP32, dan Teknologi IoT	8
2.5 Peran ESP32 sebagai Slave dan Unit Akuisisi Data Sensor.....	9
2.6 Sensor	10
2.6.1 Sensor pH.....	10
2.6.2 Sensor TDS (<i>Total Dissolved Solids</i>).....	11
2.6.3 Sensor <i>Turbidity</i>	11



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

2.6.4 Sensor Level Air	11
2.7 Aktuator	11
2.7.1 Pompa Air	12
2.7.2 <i>Motorized Valve</i>	12
2.7.3 Integrasi Aktuator dan Sistem Kontrol	12
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	13
3.1 Rancangan Alat.....	13
3.1.1 Deskripsi Alat	14
3.1.2 Desain Alat.....	15
3.1.3 <i>Single Line Diagram</i> Sistem.....	16
3.1.4 Cara Kerja Alat	18
3.1.5 Spesifikasi Alat	19
3.1.6 Diagram Blok.....	21
3.1.7 <i>Flowchart</i> Alat	23
3.2 Realisasi Alat.....	25
3.2.1 Pemrograman PLC.....	25
3.2.2 Pemrograman ESP32.....	36
3.2.3 Integrasi Sistem.....	45
BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1 Uji Integrasi dan Kinerja Sistem Kontrol Otomatis	49
4.1.1 Deskripsi Pengujian	49
4.1.2 Prosedur Pengujian	49
4.1.3 Data Hasil Pengujian	50
4.1.4 Analisis Data / Evaluasi	53
4.2 Uji Validasi Integrasi Monitoring Paralel Berbasis	54
4.2.1 Deskripsi Pengujian	54



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

4.2.2 Prosedur Pengujian	54
4.2.3 Data Hasil Pengujian	55
4.2.4 Analisis Data / Evaluasi	56
BAB V PENUTUP	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	64
LAMPIRAN.....	65





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 Proses Elektrokoagulasi.....	5
Gambar 3.1 Desain Alat Pengolahan Air Limbah Berbasis Teknologi Electrocoagulation System Tampak depan.....	15
Gambar 3.2 Desain Alat Pengolahan Air Limbah Berbasis Teknologi Electrocoagulation System Tampak Samping.....	15
Gambar 3.3 Wiring Diagram Control	16
Gambar 3.4 Wiring Diagram Daya AC	16
Gambar 3.5 Wiring Diagram Daya DC 12V	17
Gambar 3.6 Wiring Diagram Daya DC 24V	17
Gambar 3.7 Diagram Blok.....	21
Gambar 3.8 Flowchart Alat	23
Gambar 3.9 Ladder Diagram OB1	27
Gambar 3.10 Ladder Diagram Input.....	28
Gambar 3.11 Konfigurasi Data Block MB_TCP Client (DB8).....	30
Gambar 3.12 Struktur Data Sensor pada DB7.....	30
Gambar 3.13 Ladder Diagram Komunikasi MODBUS TCP/IP	31
Gambar 3.14 Ladder Diagram Sequence.....	34
Gambar 3.15 Ladder Diagram Output.....	35
Gambar 3.16 Ladder Diagram Parameter Sensor	36
Gambar 3.17 Sistem Integrasi ESP32, PLC, dan Node-RED	46
Gambar 3.18 Konfigurasi Flow Node-RED untuk Sensor pH, TDS, dan Turbidity	47



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air	6
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....	19
Tabel 3.2 I/O List PLC	25
Tabel 3.3 Deskripsi Parameter MB_CLIENT	30
Tabel 4.1 Integrasi Fungsi Sistem Kontrol Otomatis	50
Tabel 4.2 Validasi Monitoring Paralel	55





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 LAMPIRAN

Lampiran 1 Pembacaan Sensor di OLED Display	65
Lampiran 2 Pembacaan Sensor di DB7 TIA Portal (PLC).....	65
Lampiran 3 Pengecatan Rangka	66
Lampiran 4 Layout Real Panel	66
Lampiran 5 Pembacaan Sensor di Node-Red.....	66
Lampiran 6 Pemasangan Pipa	66



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

Ada masalah global dengan berkurangnya pasokan air bersih, terutama di daerah perkotaan dan industri yang menghasilkan banyak air limbah. Saat ini, teknologi elektrokoagulasi-yang menggunakan arus listrik untuk menciptakan gumpalan ion logam yang kemudian mengikat kontaminan dalam air-adalah salah satu teknik yang banyak digunakan untuk mengolah air limbah.

Telah dibuktikan bahwa elektrokoagulasi bekerja dengan baik untuk menstabilkan tingkat pH dan menurunkan kekeruhan dan total padatan terlarut (TDS), di antara metrik polusi air lainnya. Misalnya, kekeruhan dapat dikurangi hingga 87,4%, TDS sebesar 70,18%, dan COD sebesar 85% ketika elektrokoagulasi berbasis energi matahari digunakan untuk limbah rumah tangga (Muniasamy et al., 2022). Menurut penelitian lain, elektrokoagulasi air limbah mobil menghasilkan TDS sebesar 25,31% dan efektivitas penurunan kekeruhan hingga 99,9% (Atiyah & Abdul-Majeed, 2019).

Selain itu, penelitian yang menggunakan sistem elektrokoagulasi tenaga surya untuk air limbah perkotaan menunjukkan penurunan kekeruhan yang signifikan sebesar 93,97% dan TDS sebesar 49,78% (Nawarkar & Salkar, 2019). Selain itu, teknologi ini menunjukkan manfaat dalam hal fleksibilitas operasional dan penghematan energi, menjadikannya pilihan yang layak untuk pengolahan air limbah dalam skala kecil dan besar.

Tingkat pH memiliki dampak signifikan pada seberapa baik elektrokoagulasi bekerja. Menurut penelitian tertentu, kekeruhan dan TDS berkurang paling efektif ketika pH dioptimalkan antara 6 dan 9 (Patel et al., 2023). Selain berdampak pada efisiensi flokulasi, stabilitas pH juga berkontribusi pada penggunaan energi yang lebih rendah dan masa pakai elektroda yang lebih lama.

Mengingat masalah dan peluang ini, sangat penting untuk mengembangkan sistem elektronik dan kontrol untuk perangkat pengolahan air limbah berbasis elektrokoagulasi untuk meningkatkan kemanjuran pengolahan, mengoptimalkan parameter operasional secara otomatis dan efektif menyesuaikan sistem dengan berbagai jenis air limbah.



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

Meskipun penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas elektrokoagulasi dalam mengolah air limbah, sistem yang dikembangkan masih menggunakan kontrol sederhana berbasis mikrokontroler seperti ESP32 tanpa integrasi dengan PLC. Data sensor umumnya hanya ditampilkan melalui LCD secara lokal, tanpa dukungan pemantauan berbasis IoT. Selain itu, sistem tidak dilengkapi logika otomatisasi untuk mengulang proses ketika parameter kualitas air tidak sesuai dengan ambang batas. Beberapa sistem juga belum menyertakan sensor *turbidity* sebagai indikator utama keberhasilan proses pengolahan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang lebih terintegrasi dan cerdas, dengan kontrol utama berbasis PLC, komunikasi dua arah dengan ESP32 dan pemantauan *real-time* berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi dan adaptabilitas sistem terhadap berbagai jenis air limbah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol terintegrasi menggunakan PLC sebagai kontrol utama dan ESP32 sebagai *slave* untuk mengatur proses elektrokoagulasi secara otomatis?
2. Bagaimana merancang sistem akuisisi data menggunakan ESP32 untuk membaca nilai dari sensor pH, TDS, *Turbidity*, dan *water level*, turut mengirimkannya ke PLC untuk proses pengambilan keputusan?
3. Bagaimana sistem kontrol ini dapat mengatur kerja pompa dan *motorized valve* secara otomatis berdasarkan parameter sensor yang dapat mendukung stabilitas proses elektrokoagulasi secara efisien dan andal?

1.3 Tujuan

1. Merancang dan membangun sistem kontrol otomatis untuk proses elektrokoagulasi menggunakan PLC sebagai pengendali utama dan ESP32 sebagai unit akuisisi data sensor.
2. Mengembangkan sistem komunikasi data antara ESP32 dan PLC agar data sensor seperti pH, TDS, *Turbidity*, dan *water level* dapat terbaca secara *real-time* dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan sistem kontrol.
3. Mengimplementasikan pengendalian otomatis terhadap pompa dan *motorized valve* berdasarkan hasil pembacaan sensor untuk memastikan



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

proses elektrokoagulasi berlangsung stabil, efisien, dan sesuai parameter yang diinginkan.

4. Menguji performa sistem kontrol dalam hal keandalan respons, kestabilan operasi, dan efisiensi pengendalian proses elektrokoagulasi dari sisi teknis kelistrikan dan otomasi.

1.4 Luaran

Tugas akhir ini bertujuan menunjukkan penguasaan mahasiswa dalam otomasi, sistem kontrol, dan elektronika industri. Pencapaian utamanya meliputi:

1. Prototipe Sistem Pengolahan Limbah Elektrokoagulasi
Dibuat prototipe otomatis untuk proses pengolahan air limbah menggunakan elektrokoagulasi. Sistem ini memakai ESP32 sebagai pembaca sensor dan PLC sebagai pengontrol utama, dengan aktuator berupa katup dan pompa bermotor.
2. Integrasi Sistem Kontrol PLC-ESP32
ESP32 (*slave*) dan PLC (*master*) terhubung melalui Modbus TCP/IP, memungkinkan pengumpulan dan pengendalian data dari sensor pH, TDS, kekeruhan, dan ketinggian air secara *real-time*.
3. Dokumentasi Rangkaian dan Program
Tersedia dokumentasi lengkap meliputi skema pengkabelan, diagram kelistrikan dan program *ladder* pada PLC dan kode ESP32 untuk akuisisi data dan komunikasi.
4. Laporan Teknis Akhir
Disusun laporan komprehensif sebagai syarat kelulusan, mencakup latar belakang, desain sistem, implementasi, pengujian, dan analisis hasil.
5. Peningkatan Kompetensi Otomasi
Proyek ini memperkuat keterampilan mahasiswa dalam merancang dan menerapkan sistem kontrol berbasis PLC dan mikrokontroler, turut memahami peran sensor dan aktuator dalam aplikasi industri.

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 kontrol otomatis untuk proses elektrokoagulasi berbasis PLC dan ESP32, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Sistem berhasil dirancang dan direalisasikan dengan mengintegrasikan PLC Siemens S7-1200 sebagai unit kontrol utama dan ESP32 sebagai unit akuisisi data sensor. Integrasi ini menghasilkan sistem kontrol yang terstruktur, modular, dan sesuai dengan prinsip otomasi industri.
2. Komunikasi data Modbus TCP/IP antara ESP32 dan PLC berjalan stabil dan sinkron, memungkinkan pengiriman data sensor pH, TDS, *turbidity*, dan status kualitas air secara *real-time*. Rata-rata data pembacaan menunjukkan nilai yang akurat dan konsisten, seperti pembacaan pH 8,8, TDS 48 ppm, dan *turbidity* 1659 NTU yang terbaca identik di OLED, register DB7 TIA Portal, dan *dashboard* Node-RED, membuktikan keberhasilan integrasi sistem *monitoring* paralel berbasis IoT.
3. Proses pengendalian terhadap pompa dan *motorized valve* telah diimplementasikan secara otomatis dan dinamis. Keputusan kendali ditentukan berdasarkan evaluasi sensor oleh PLC, proses elektrokoagulasi berjalan secara adaptif, sesuai dengan parameter kualitas air yang diinginkan, dan mampu melakukan siklus ulang pengolahan secara mandiri jika nilai tidak memenuhi ambang batas.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang andal dari segi respon kendali, kestabilan komunikasi, dan efisiensi kerja aktuator. Tidak ditemukan kendala teknis selama pengujian berkelanjutan, dan sistem terbukti mampu bekerja dalam lingkungan operasional penuh selama 3 jam tanpa gangguan. Dengan demikian, sistem ini layak diterapkan untuk mendukung proses pengolahan air limbah secara otomatis, efisien, dan sesuai standar otomasi berbasis teknologi kelistrikan modern.



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

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari hasil perancangan dan implementasi sistem kontrol otomatis pengolahan air limbah berbasis elektrokoagulasi, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Pengembangan *Interface* HMI yang Lebih Interaktif

Integrasi dengan Node-RED telah memberikan dasar *monitoring* berbasis web, namun ke depan dapat dikembangkan antarmuka HMI yang lebih kompleks menggunakan dashboard berbasis grafik historis, notifikasi *real-time*, atau integrasi *cloud* (seperti Blynk, Firebase, atau ThingsBoard) agar sistem lebih fleksibel dalam pengawasan jarak jauh.

2. Penambahan Fitur *Logging* dan Historikal Data

Sistem dapat ditingkatkan dengan menyimpan data hasil pembacaan sensor dan status proses ke dalam basis data lokal atau cloud, guna mendukung analisis tren kualitas air, pelacakan kinerja sistem, mendeteksi potensi kegagalan proses lebih awal.

3. Optimasi Konsumsi Energi dan Daya Aktuator

Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap efisiensi daya pompa dan elektroda, termasuk pemanfaatan sensor arus atau relai energi untuk memantau penggunaan listrik secara *real-time*, guna menjadikan sistem lebih hemat energi dan ramah lingkungan.

4. Implementasi Protokol Keamanan Data Jaringan

Karena sistem menggunakan komunikasi TCP/IP, maka perlu ditambahkan protokol pengamanan komunikasi seperti enkripsi data, autentikasi IP, atau pembatasan akses jaringan agar sistem aman dari gangguan eksternal.

5. Peningkatan Modularitas dan Skalabilitas Sistem

Desain sistem dapat diperluas untuk menangani lebih banyak tangki, parameter sensor tambahan (seperti DO, suhu, atau ORP), dan pengaturan proses yang lebih kompleks. Hal ini penting jika sistem akan digunakan di lingkungan industri skala besar.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, D., Ali, S. Z., Khan, F. B., & Faruki, M. H. (2024). *Design And Implementation Of An ESP32-Based Smart Home Automation System With Environmental Monitoring And Automated Controls*. 19(6), 23–28. <https://doi.org/10.9790/2834-1906012328>
- Atiyah, I. M., & Abdul-Majeed, B. A. (2019). Carwash Wastewater Treatment by Electrocoagulation Using Aluminum Foil Electrodes. *Journal of Engineering*, 25(10), 50–60. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2019.10.04>
- Bezerra, W. B., Nunes, G. P. S. M., Goes, M. C. de C., Cruz, F. F. da S. da, Nascimento, U. M., Santana, C. G. de, Cardoso, J. J. F., Santana, S. A. A., & Melo, S. M. (2023). Simplified electrocoagulation for efficient biodiesel washing water treatment. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento*, 136–165. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/quimica-en/simplified-electrocoagulation>
- Boedi Prasetyo, D., Himawan, H., Kaswidjanti, W., & Zeaneth Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, F. (2020). Prototype Design of IoT Remote Monitoring System for Industrial Process Using Firebase Realtime Database. *Yogyakarta Conference Series Proceeding on Engineering and Science Series (ESS)*, 1(1), 129–138. <http://proceeding.rsfpres.com/index.php/ess/index>
- Dsouza, B., Magar, S., Patil, S., & Thite, Y. (2021). PID Control of Heating Tank Based on PLC. *International Journal of Power and Energy Engineering*, 3(8), 2020–2021. [https://doi.org/10.53469/ijpee.2021.03\(08\).01](https://doi.org/10.53469/ijpee.2021.03(08).01)
- Dwiyani, M., Situmorang, Y. E. S., Handoyo, Y. D., Setiana, H., & Wardhany, A. K. (2023). Implementation of IoT on PLC-Based Induction Motor Speed Control. *2023 International Conference on Converging Technology in Electrical and Information Engineering (ICCTEIE)*, 118–123. <https://doi.org/10.1109/ICCTEIE60099.2023.10366716>
- Espinosa-Gavira, M. J., Agüera-Pérez, A., Palomares-Salas, J. C., Sierra-Fernandez, J. M., Remigio-Carmona, P., & González de-la-Rosa, J. J. (2024). Characterization and Performance Evaluation of ESP32 for Real-time



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

Synchronized Sensor Networks. *Procedia Computer Science*, 237, 261–268.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.05.104>

Hidayana, E., Setiawan, E., & Juniani, A. I. (2024). Classification of water quality based on dissolved solids and turbidity parameters with the utilization of total dissolved solids sensor and turbidity sensor. *Journal of Soft Computing Exploration*, 5(3), 231–239. <https://doi.org/10.52465/josce.v5i3.376>

Karan R. Chandalar, Nikhita A. Barde, Shirisha S. Pureddi, Tejasvi Uike, Naveen Yadgiri, & Prof. Mahesh Dumbere. (2024). Water Quality Monitoring System Based on IoT. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 744–751.
<https://doi.org/10.48175/IJARSCT-22300>

Kumar, J., Gupta, R., Sharma, S., Chakrabarti, T., Chakrabarti, P., & Margala, M. (2024). IoT-Enabled Advanced Water Quality Monitoring System for Pond Management and Environmental Conservation. *IEEE Access*, 12, 58156–58167. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3391807>

Moulood, I., & Abdul-Majeed, B. A. (2019). Treatment of Simulated Carwash Wastewater by Electrocoagulation with Sonic Energy. *Journal of Engineering*, 25(9), 30–40. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2019.09.3>

Muniasamy, S. K., Gamede, T. T., Mallaian, L. S., Rengaraju, I., Segaran, J., Periyasamy, Y., Murugesan, P., & Subramanian, S. (2022). Investigation on Solar-Powered Electrocoagulation (SPEC) for the Treatment of Domestic Wastewater (DWW). *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/5389340>

Nawarkar, C. J., & Salkar, V. D. (2019). Solar powered Electrocoagulation system for municipal wastewater treatment. *Fuel*, 237, 222–226.
<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.140>

Patel, S. K., Shukla, S. C., Natarajan, B. R., & Prajapati, A. K. (2024). Electrocoagulation treatment of debrominated wastewater: A critical observation and analysis. *Desalination and Water Treatment*, 320, 100690. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100690>

Patel, S. K., Shukla, S. C., & Prajapati, A. K. (2023). Applicability of electrocoagulation process for removal of contaminants from debrominated



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

wastewater. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 188, 109360. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109360>

Pradana, A. A., Wulandari, D. A., & Temenggung, M. A. (2024). Perencanaan Sewerage System dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Kawasan Universitas Malahayati Dengan System Wastewater Garden. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*, 7(2), 185.

<https://doi.org/10.19184/jrsl.v7i2.34329>

Rajhans, A. R., More, S. S., Gambhir, S. V., Deshmukh, V. H., & Joshi, S. k. (2020). RESEARCH PAPER ON WASTEWATER TREATMENT PLANT USING PLC and SCADA. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 04(12), 651–657.

<https://doi.org/10.33564/ijeast.2020.v04i12.117>

Safonyk, A., Bomba, A., & Tarhonii, I. (2019). *Modeling and Automation of the Electrocoagulation Process in Water Treatment* (pp. 451–463).

https://doi.org/10.1007/978-3-030-01069-0_32

Safonyk, A., Tarhonii, I., Rudyk, A., & Hrytsiuk, I. (2021). *Modeling, Analysis and Automation of Wastewater Treatment by Electrocoagulation Method* (pp. 597–611). https://doi.org/10.1007/978-3-030-54215-3_38

shilledar, M. (2024). AUTOMATED EFFLUENT TREATMENT SYSTEM. *International Scientific Journal of Engineering and Management*, 03(05), 1–9. <https://doi.org/10.55041/ISJEM01692>

St. Nurhayati Jabir, Asyrafuul Insan Asry, & Rahmat Hidayat. (2024). Water Quality Control and Monitoring at The Patih Drinking Water Depot Based on Nodemcu ESP32. *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, 14(2), 1–13. <https://doi.org/10.35585/inspir.v14i2.70>

Tri Krisna, R., Fitriani, E., Paramitha, N., & Ariyandi, T. (2025). Design and Construction of Water Turturity Monitoring Equipment And Automatic Water Pump. *Fidelity : Jurnal Teknik Elektro*, 7(1), 44–54. <https://doi.org/10.52005/fidelity.v7i1.278>

Zhao, C., & Zhang, R. (2023). Research on Hotel Wastewater Treatment System Based on PLC Control. *Advances in Computer, Signals and Systems*, 7(7). <https://doi.org/10.23977/acss.2023.070716>



© 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

Zhao, L., & Zhao, T. (2018). Design of Wastewater Treatment Control System Based on Siemens PLC. *2018 2nd International Conference on Computer Science and Intelligent Communication (CSIC 2018)*.
<https://doi.org/10.23977/csic.2018.0904>



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

Abdurrahman Ramadhani



Lulus dari SDN Cijujung 03 pada tahun 2016, SMP PGRI 5 KOTA BOGOR pada tahun 2019, dan SMA Penerbangan Angkasa Bogor pada tahun 2022. Gelar Diploma Tiga (D3) diperoleh pada tahun 2025 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Universitas Indonesia (Sekarang Politeknik Negeri Jakarta).

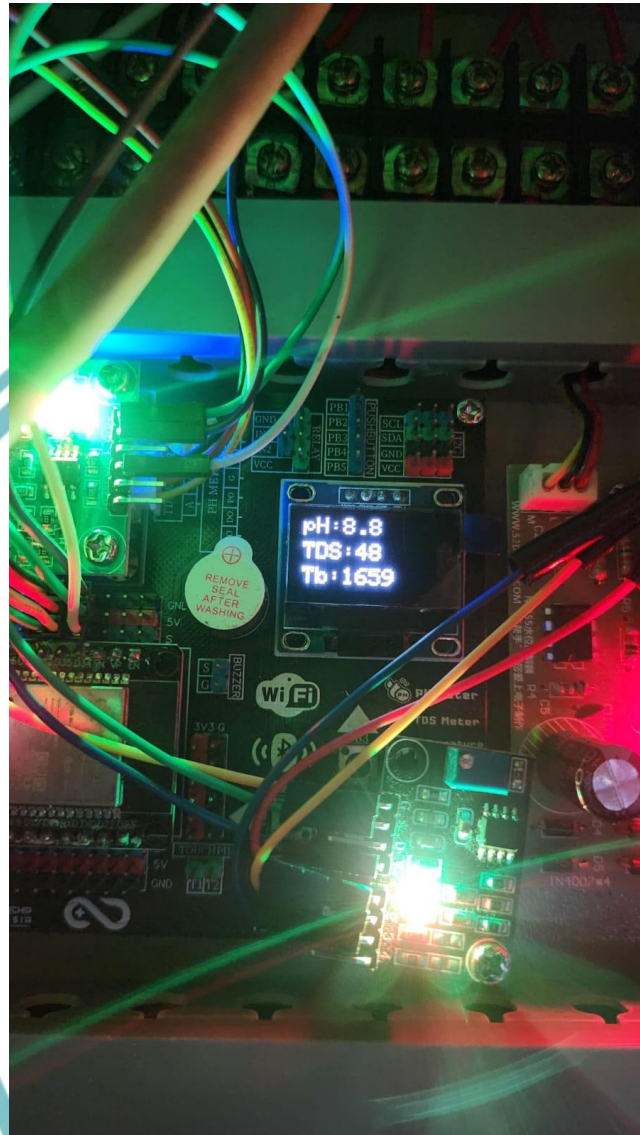


Hak Cipta :

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 Pembacaan Sensor di OLED Display



Lampiran 2 Pembacaan Sensor di DB7 TIA Portal (PLC)

PROGRAM TA ▶ PLC_1 [CPU 1215C DC/DC/Rly] ▶ Program blocks ▶ Data [DB7]									
Data									
	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible i...
1	Static								
2	Sensor	Array[0..2] o...	0.0				☒	☒	☒
3	Sensor[0]	Int	0.0	0	875	☐	☒	☒	☒
4	Sensor[1]	Int	2.0	0	48	☐	☒	☒	☒
5	Sensor[2]	Int	4.0	0	1659	☐	☒	☒	☒

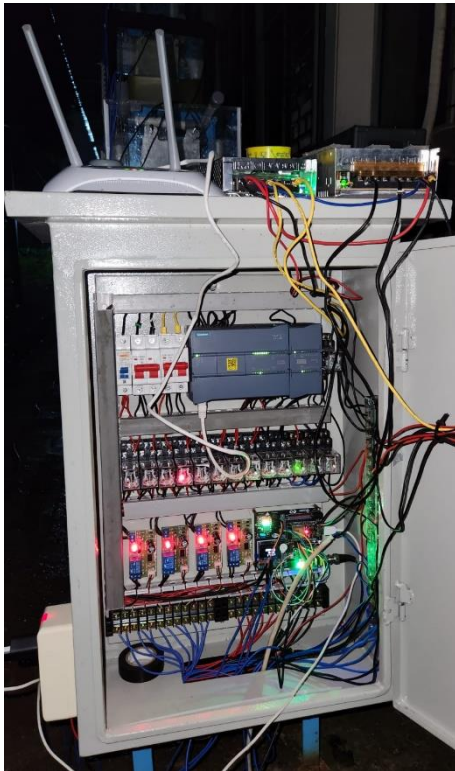


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Lampiran 4 Layout Real Panel



Lampiran 3 Pengecatan Rangka



Lampiran 6 Pemasangan Pipa



Lampiran 5 Pembacaan Sensor di Node-Red

