

**PERANCANGAN PERAGA PLC MODICON M221
UNTUK APLIKASI KONTROL MOTOR TIGA FASA
BERBASIS WEB MENGGUNAKAN ESP32**

*Design of a PLC Modicon M221 Trainer for the Application
of Web-Based Three-Phase Motor Control Using ESP32*

TUGAS PRAKTIKUM

Tugas berupa makalah ini disusun untuk memenuhi salah satu penilaian mata kuliah Instalasi Aplikasi Pemrograman dalam pendidikan Diploma Empat Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara

Oleh:

MUHAMMAD NADZARRIDHO JULIANTO

NIM: 231624083



POLITEKNIK NEGERI BANDUNG

2025

**PERANCANGAN PERAGA PLC MODICON M221
UNTUK APLIKASI KONTROL MOTOR TIGA FASA
BERBASIS WEB MENGGUNAKAN ESP32**

*Design of a PLC Modicon M221 Trainer for the Application
of Web-Based Three-Phase Motor Control Using ESP32*



Oleh:

MUHAMMAD NADZARRIDHO JULIANTO

NIM: 231624083

Menyetujui,

Bandung, Juni 2025

Pembimbing

Dr. Drs. Pratikto, M.T.

NIP. 196603171995121001

Ketua Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara

Muhammad Arman, S.T., S.Psi., M.Eng.

NIP. 196903301999031001

ABSTRAK

Penelitian ini membahas pengembangan antarmuka pengguna berbasis web untuk sistem kendali dan pemantauan Programmable Logic Controller (PLC) melalui komunikasi Modbus TCP menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem dirancang untuk beroperasi dalam jaringan lokal dan mengedepankan responsivitas antarmuka, pembaruan status waktu nyata, serta kemudahan konfigurasi alamat IP PLC dan ESP32 tanpa menggunakan basis data eksternal. Antarmuka web dibangun dengan HTML, CSS, dan JavaScript, yang berkomunikasi secara asinkron dengan ESP32 melalui format data JSON. Informasi yang dipertukarkan mencakup status koneksi, kondisi koil (memori bit), serta perintah pengendalian digital. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menyajikan data secara akurat dan responsif sesuai kondisi koneksi dan logika kendali yang ditentukan. Penerapan sistem ini menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai alat bantu dalam praktik kendali industri berskala kecil. Ke depannya, sistem dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung akses di luar jaringan lokal, termasuk integrasi dengan teknologi jaringan publik atau layanan berbasis *cloud*.

Kata kunci : Peraga, PLC, ESP32, web

ABSTRACT

This study discusses the development of a web-based user interface for control and monitoring of a Programmable Logic Controller (PLC) via Modbus TCP communication using an ESP32 microcontroller. The system is designed to operate within a local network, emphasizing interface responsiveness, real-time status updates, and easy configuration of PLC and ESP32 IP addresses without external databases. The web interface is built using HTML, CSS, and JavaScript, communicating asynchronously with the ESP32 through JSON-formatted data. The exchanged information includes connection status, coil conditions, and digital control commands. Testing results indicate that the system can present data accurately and responsively according to the connection state and control logic. The implementation demonstrates potential use as a supporting tool in small-scale industrial control practices. In the future, the system can be further developed to support access beyond the local network, including integration with public network technologies or cloud-based service.

Keywords : ***Trainer, PLC, ESP32, web***

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur yang mendalam, penulis lanturkan pujian teruntuk Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga makalah ini dapat terselesaikan dengan baik. Makalah berjudul “Perancangan Peraga PLC Modicon M221 untuk Aplikasi Kontrol Motor Tiga Fasa Berbasis Web Menggunakan ESP32” disusun sebagai salah satu bagian dari pemenuhan tugas akademik mata kuliah teori dan praktik–Aplikasi Pemrograman..

Penulisan makalah ini hanyalah sebagian kecil dari panjangnya rangkaian kuliah ini, dari awal semester hingga akhir. Proses dimulai dari pekan konsultasi dan perakitan sampai dengan ketika penyusunan tulisan selesai tidak dapat terlepas dari peran banyak pihak. Sebagai bentuk rasa hormat dan terima kasih, izinkan saya menyampaikan apresiasi pribadi sebagai penulis kepada:

1. Ayah, ibu, dan adik di kampung halaman; menghadapi Ridho yang galau karena patah hati mungkin mengkhawatirkan, tetapi mereka tetap ada untuk menjadi payung yang menjaga api semangatku agar tidak padam.
2. Pak Pratikto, walaupun sulit kalau menghubungi lewat pesan singkat, tetapi sangat berbeda jika di laboratorium. Sangat banyak inspirasi dan kiat yang didapatkan dari Beliau selama progres.
3. Ghoniyu; partnerku di laboratorium, walaupun kehadirannya tidak membawa banyak perubahan pada proyek, tetapi tidak dengan praktiknya.
4. Bapak-bapak pengurus bengkel dan lab, walaupun kadang suka memarahiku, tetapi itulah yang membuat aku terus bersemangat untuk terus mencoba mendapatkan hasil terbaik..
5. Para kecerdasan buatan, walaupun suka jadi aneh kalau waktu penggunaannya sudah habis, tetapi pada akhirnya dia berperan besar dalam selesainya proyek ini.
6. Diriku sendiri, walaupun kadang suka malas atau kadang suka kerja berlebihan, tetapi sampai selesai kamu bisa melakukannya, mantap!

Penulis dengan usaha maksimal berusaha untuk menyajikan sebuah karya ilmiah yang informatif dan dapat dengan mudah dipahami semua orang. Harapannya adalah bahwa makalah ini bukan sekedar tulisan yang akan dinilai, tetapi juga sebagai bacaan yang dapat dinikmati oleh pembaca lain dan penulis itu sendiri. Semoga semangat yang terpancar dari tiap kata yang ditulis di laporan ini dapat tersampaikan dan dirasakan oleh semua orang di sepanjang waktu.

Bandung, Juni 2025

Muhammad Nadzarridho Julianto

NIM. 231624083

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan.....	2
I.3 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
II.1 Alat Kontrol Logika	3
II.1.1 <i>Programable Logic Controller</i>	3
II.2 Microcontroller.....	3
II.3 Bahasa Pemrograman	4
II.3.1 <i>Hypertext Markup Language</i>	4
II.3.2 <i>Cascading Style Sheets</i>	4
II.3.3 <i>Java Script</i>	5
II.3.4 <i>C++ Language</i>	5
II.3.5 <i>Ladder Diagram</i>	6
II.4 Komunikasi Jaringan.....	6
II.4.1 <i>Wireless Fidelity</i>	6
II.4.2 <i>JavaScript Object Notation</i>	7
II.4.3 <i>Modbus</i>	7
BAB III PROSES PERANCANGAN	8
III.1 Tahap Persiapan	8
III.1.1 Perangkat Keras	8
III.1.2 Perangkat Lunak	8
III.2 Tahap Perakitan.....	9

III.2.1	<i>Wiring</i>	9
III.2.2	<i>Soldering</i>	9
III.3	Tahap Penyelesaian	10
III.3.1	<i>Coding</i>	10
III.3.2	<i>Testing</i>	10
BAB IV	ANALISIS HASIL	11
IV.1	Perangkat Keras Peraga.....	11
IV.2	Perangkat Lunak Kontrol	11
IV.3	Kualitas Pengalaman Pengguna	11
BAB V	PENUTUP	12
V.1	Kesimpulan.....	12
V.2	Saran.....	12
DAFTAR PUSTAKA		14
LAMPIRAN.....		15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Desain untuk rancangan fisik dan listrik	16
Lampiran 2	Hasil pemasangan komponen dan kelistrikan	17
Lampiran 3	Proses pemrograman dan testing	18

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam dunia industri telah mengalami lompatan besar dari waktu ke waktu. Dimulai dari Revolusi Industri pertama yang ditandai dengan penggunaan tenaga uap, kemudian berlanjut ke Revolusi Industri kedua dengan ditemukannya tenaga listrik dan produksi massal. Memasuki Revolusi Industri ketiga, teknologi digital mulai diperkenalkan ke dunia manufaktur melalui penggunaan sistem kontrol elektronik, komputer, dan otomasi. Kini, kita berada di era Revolusi Industri keempat atau yang dikenal sebagai Revolusi Industri 4.0, di mana teknologi siber dan fisik bersatu dalam bentuk Internet of Things (IoT), komputasi awan, dan sistem otomatisasi cerdas.

Revolusi Industri 4.0 menekankan pentingnya konektivitas antar perangkat, data real-time, dan kemampuan pengendalian jarak jauh. Dalam konteks ini, sistem kontrol konvensional seperti PLC (Programmable Logic Controller) tetap memiliki peran utama, namun kini dikombinasikan dengan perangkat IoT dan antarmuka berbasis web untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi. Salah satu contohnya adalah pengendalian motor tiga fasa, yang menjadi komponen penting dalam dunia industri karena digunakan pada banyak mesin produksi. Pengontrolan motor yang sebelumnya hanya dilakukan secara lokal kini dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan nirkabel, menjadikan sistem lebih adaptif terhadap kebutuhan industri modern.

Untuk menjawab tantangan tersebut, pemahaman mengenai sistem kontrol berbasis web menjadi hal yang krusial. Penggunaan mikrokontroler seperti ESP32, yang telah mendukung konektivitas Wi-Fi dan protokol industri seperti Modbus TCP, memungkinkan integrasi langsung dengan PLC tanpa perlu perangkat tambahan yang kompleks. Dengan memanfaatkan teknologi ini, mahasiswa tidak hanya belajar tentang logika kontrol industri, tetapi juga mengasah kemampuan dalam membangun sistem yang terhubung ke jaringan, dapat dikonfigurasi secara fleksibel, dan siap untuk diterapkan di dunia kerja modern.

Melalui laporan ini, penulis merancang dan mengimplementasikan peraga kontrol motor tiga fasa berbasis web dengan menggunakan PLC Modicon M221 dan ESP32. Sistem ini dirancang agar dapat dikendalikan melalui antarmuka web yang interaktif dan mudah digunakan, sekaligus dapat memberikan umpan balik real-time mengenai status koneksi dan kondisi motor. Dengan pendekatan ini, diharapkan pembelajaran tentang sistem otomasi industri menjadi lebih aplikatif dan relevan dengan perkembangan teknologi terkini.

I.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka laporan praktikum ini akan memiliki tujuan sebagai berikut.

1. Membahas pengetahuan dasar terkait proyek yang dikerjakan sebagai praktikum. Aplikasi Pemrograman..
2. Menjelaskan proses dan tahap perancangan selama praktikum Aplikasi Pemrograman.
3. Melakukan pengumpulan, pengelolaan, dan analisis data atau dokumentasi selama pembangunan alat peraga.

I.3 Ruang Lingkup

Laporan ini akan dibatasi di ruang lingkup sebagai berikut.

1. Praktikum yang dilakukan menggunakan perangkat yang disiapkan dan disediakan oleh Lab Listrik, Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung.
2. Desain-desain umum terkait jalur rancangan mekanik dan kelistrikan adalah sesuai dengan gambaran desain awal yang diberikan dosen pengampu lalu diimprovisasi dan disepakati bersama-sama.
3. Hasil yang dilaporkan adalah yang didapatkan dari peraga milik kelompok Tim Kontaktor dan PLC di kelas 2C-PTU tahun 2025.
4. Proses praktikum dilakukan selama 4 bulan selama 1 semester akademik tahun ajar genap 2024/2025. Dengan waktu sesuai jadwal praktikum atau bebas di luar waktu tersebut selama sebelum waktu Ujian Akhir Semester.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Alat Kontrol Logika

Alat kontrol logika merupakan perangkat yang digunakan untuk mengatur, mengendalikan, dan memonitor proses secara otomatis. Dalam dunia industri maupun pendidikan, alat kontrol logika banyak dimanfaatkan untuk mengoperasikan mesin, sistem motor, hingga sistem rumah pintar (smart home). Dua jenis alat yang sering digunakan dalam sistem kontrol modern adalah *Programmable Logic Controller (PLC)* dan *microcontroller*.

II.1.1 Programmable Logic Controller

PLC adalah sebuah komputer industri yang dirancang untuk mengontrol proses otomatis. PLC memiliki kemampuan membaca input dari sensor, memproses logika berdasarkan program yang ditanamkan, lalu mengeluarkan output untuk mengendalikan perangkat seperti motor, lampu, atau katup.

PLC banyak digunakan di industri karena keandalannya dalam kondisi kerja yang berat dan dukungan berbagai jenis protokol komunikasi. Salah satu PLC yang populer adalah Modicon M221 dari Schneider Electric. PLC ini mendukung pemrograman dengan diagram tangga (*ladder diagram*) dan komunikasi menggunakan Modbus TCP, yang membuatnya dapat berinteraksi dengan perangkat lain seperti komputer atau mikrokontroler.

II.2 Microcontroller

Mikrokontroler adalah sistem komputer kecil dalam satu chip yang bisa diprogram untuk melakukan berbagai tugas, seperti membaca sensor, mengendalikan motor, atau mengirim data. Salah satu jenis mikrokontroler yang populer adalah ESP32, karena memiliki kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth bawaan, serta cukup kuat untuk menjalankan web server mini dan komunikasi jaringan.

Berbeda dengan PLC yang dibuat khusus untuk industri, mikrokontroler seperti ESP32 lebih fleksibel, murah, dan cocok untuk pengembangan prototipe serta sistem otomatisasi skala kecil. Mikrokontroler juga bisa digunakan sebagai

jembatan antara sistem web dan perangkat industri, seperti PLC, melalui protokol komunikasi seperti Modbus TCP.

II.3 Bahasa Pemrograman

Dalam merancang sistem kontrol motor tiga fasa berbasis web menggunakan ESP32 dan PLC Modicon M221, diperlukan beberapa bahasa pemrograman yang saling melengkapi. Bahasa-bahasa ini memiliki peran spesifik, mulai dari membangun tampilan antarmuka web, menyusun logika kendali perangkat keras, hingga mengatur komunikasi data antar-perangkat. Pemahaman terhadap kombinasi bahasa *markup*, pemrograman web, pemrograman perangkat tertanam, serta pemrograman logika industri menjadi penting agar sistem dapat berjalan dengan baik dan efisien.

II.3.1 *Hypertext Markup Language*

HTML atau *Hypertext Markup Language* merupakan dasar dari semua halaman web. Bahasa ini digunakan untuk menyusun struktur konten di dalam halaman, seperti judul, tombol, teks, dan formulir. Pada proyek ini, HTML berfungsi sebagai kerangka utama tampilan antarmuka pengguna yang diakses melalui browser. Dengan HTML, seluruh elemen kontrol seperti tombol untuk menghidupkan atau mematikan motor, serta kolom status koneksi ESP32 dan PLC, disusun dengan rapi agar mudah dioperasikan oleh pengguna. Meskipun bersifat statis, HTML menjadi fondasi dari keseluruhan sistem web yang kemudian diperkaya oleh teknologi lain seperti CSS dan *JavaScript*.

II.3.2 *Cascading Style Sheets*

CSS atau *Cascading Style Sheets* adalah bahasa yang digunakan untuk memberikan gaya tampilan pada elemen-elemen HTML. Jika HTML berperan sebagai kerangka, maka CSS menjadi tata riasnya. Dengan CSS, tampilan halaman web dapat disesuaikan agar lebih menarik, terorganisir, dan mudah digunakan. Dalam perancangan antarmuka sistem kontrol ini, CSS membantu mengatur tata letak tombol, warna latar, ukuran teks, dan posisi elemen agar seluruh informasi yang ditampilkan tetap terbaca dengan jelas dan dapat diakses baik melalui

perangkat komputer maupun ponsel. Penggunaan CSS yang tepat tidak hanya membuat antarmuka lebih estetik, tetapi juga mendukung kenyamanan dan kejelasan dalam proses pemantauan maupun pengendalian sistem.

II.3.3 *Java Script*

JavaScript adalah bahasa pemrograman yang berjalan di sisi klien, yaitu di dalam browser pengguna. Berbeda dari HTML dan CSS yang hanya menyusun tampilan, JavaScript mampu membuat halaman web menjadi interaktif dan dinamis. Dalam proyek ini, JavaScript memiliki peran penting dalam melakukan komunikasi antara antarmuka web dengan mikrokontroler ESP32. Melalui JavaScript, halaman web dapat secara berkala mengambil data dari ESP32, misalnya untuk membaca status koneksi atau kondisi motor, dan juga mengirim perintah seperti menyalakan atau mematikan motor. Selain itu, JavaScript juga memproses data yang diterima dalam format JSON dan menampilkannya langsung tanpa perlu memuat ulang halaman. Kemampuan ini sangat penting untuk memberikan pengalaman pengguna yang *real-time* dan responsif dalam sistem kontrol berbasis web.

II.3.4 *C++ Language*

Bahasa C++ merupakan bahasa utama yang digunakan dalam pemrograman mikrokontroler ESP32. Melalui C++, seluruh logika kontrol di sisi perangkat keras dituliskan dan dijalankan langsung di mikrokontroler. Bahasa ini dipilih karena menawarkan kendali tingkat rendah yang presisi namun tetap mendukung struktur pemrograman modern yang efisien. Di proyek ini, C++ digunakan untuk mengatur koneksi Wi-Fi ESP32, memproses perintah yang diterima dari web, membaca serta menulis data melalui protokol Modbus TCP ke PLC, serta menyusun logika pengendalian output dan pembacaan status dari PLC. Selain itu, C++ juga didukung oleh banyak pustaka (*library*) yang mempermudah integrasi dengan berbagai sensor dan protokol komunikasi jaringan. Kombinasi antara kekuatan dan fleksibilitas menjadikan C++ sebagai pilihan yang sangat tepat untuk mengelola sistem kontrol mikro yang stabil dan andal.

II.3.5 Ladder Diagram

Ladder Diagram adalah bahasa pemrograman grafis yang umum digunakan dalam pemrograman PLC. Bentuknya menyerupai tangga, dengan dua garis vertikal sebagai jalur listrik dan garis-garis horizontal yang berisi logika kontrol seperti kontak, koil, *timer*, atau *counter*. Keunggulan dari *Ladder Diagram* adalah kemudahannya untuk dibaca dan dipahami, bahkan oleh teknisi yang tidak memiliki latar belakang pemrograman komputer, karena bentuk dan simbolnya menyerupai diagram kelistrikan konvensional. Dalam sistem ini, *Ladder Diagram* digunakan untuk memprogram logika kendali motor tiga fasa di dalam PLC Modicon M221. Misalnya, diagram tangga akan menentukan kapan motor menyala atau mati berdasarkan input dari antarmuka atau kondisi sistem, serta mengirimkan sinyal balik (*feedback*) ke ESP32 untuk ditampilkan di antarmuka web. *Ladder Diagram* tetap menjadi bahasa utama dalam dunia otomasi industri karena sifatnya yang sederhana namun sangat fungsional.

II.4 Komunikasi Jaringan

Komunikasi jaringan merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan sistem otomasi modern, terutama ketika sistem tersebut melibatkan beberapa perangkat yang saling berinteraksi, seperti mikrokontroler dan PLC. Dalam proyek ini, komunikasi jaringan memungkinkan pertukaran data antara ESP32 sebagai pengendali utama berbasis web, dan PLC Modicon M221 sebagai pelaksana logika kontrol industri. Untuk mendukung hal ini, digunakan beberapa teknologi komunikasi seperti Wi-Fi sebagai media transmisi data nirkabel, JSON sebagai format pertukaran data, dan Modbus sebagai protokol standar industri untuk komunikasi perangkat otomasi.

II.4.1 Wireless Fidelity

Wi-Fi adalah teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan perangkat saling terhubung melalui jaringan lokal tanpa kabel. Dalam proyek ini, ESP32 memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk membuat jembatan komunikasi antara sistem web yang diakses pengguna melalui browser dan perangkat keras seperti PLC. Wi-Fi memberikan keuntungan besar karena fleksibel, mudah diakses, dan

tidak memerlukan kabel yang kompleks. ESP32 dapat bekerja dalam dua mode, yaitu Station (STA) mode yang terhubung ke *router*, dan *Access Point* (AP) mode yang memungkinkan ESP32 membuat jaringan sendiri. Dengan dukungan Wi-Fi, antarmuka pengguna dapat berkomunikasi langsung dengan ESP32 melalui alamat IP, sehingga perintah dan data status dapat dikirim dan diterima secara *real-time*.

II.4.2 *JavaScript Object Notation*

Untuk mempermudah pertukaran data antara halaman web dan ESP32, digunakan format JSON atau *JavaScript Object Notation*. JSON adalah format ringan untuk menyimpan dan mentransfer data dalam bentuk pasangan kunci-nilai yang mudah dibaca dan ditulis, baik oleh manusia maupun mesin. Dalam sistem ini, JSON digunakan untuk mengirim data dari antarmuka web ke ESP32, seperti perintah menyalakan atau mematikan motor, serta mengembalikan data status dari PLC ke antarmuka, seperti status koneksi atau kondisi output. Karena struktur JSON sangat fleksibel dan kompatibel dengan JavaScript, proses *parsing* dan pemrosesan data menjadi lebih sederhana dan efisien di sisi browser, tanpa perlu menggunakan format data kompleks yang membutuhkan konversi tambahan.

II.4.3 *Modbus*

Modbus adalah protokol komunikasi standar industri yang banyak digunakan untuk menghubungkan perangkat seperti PLC, HMI, dan sensor. Dalam proyek ini, digunakan Modbus dalam versi TCP/IP, yang berjalan di atas jaringan *Ethernet* atau Wi-Fi. Protokol ini memungkinkan ESP32 untuk membaca dan menulis data ke PLC Modicon M221 melalui alamat IP yang sudah dikonfigurasi. Modbus TCP bekerja dengan cara mengirimkan permintaan (*request*) dari master — dalam hal ini ESP32 — ke *slave*, yaitu PLC, dan kemudian menerima balasan (*response*) sesuai data yang diminta. Komunikasi ini sangat penting karena melalui Modbus, ESP32 dapat mengetahui kondisi output pada PLC (misalnya status motor) serta mengirimkan perintah kontrol dari web ke koil atau register tertentu dalam PLC. Protokol Modbus bersifat terbuka dan ringan, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem otomasi berskala kecil hingga menengah dengan kebutuhan komunikasi yang cepat dan andal.

BAB III

PROSES PERANCANGAN

III.1 Tahap Persiapan

Pada tahap awal perancangan sistem, dilakukan beberapa langkah persiapan yang mencakup pengumpulan kebutuhan teknis dan penyusunan konsep rancangan. Persiapan ini penting agar seluruh proses berjalan lebih terarah dan sistematis, mengingat proyek ini melibatkan integrasi antara perangkat keras dan lunak, serta komunikasi jaringan antar-perangkat. Adapun tahapan ini dibagi menjadi dua fokus utama, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak.

III.1.1 Perangkat Keras

Persiapan perangkat keras dimulai dengan merancang tampilan dan struktur fisik peraga, termasuk menentukan letak komponen-komponen seperti PLC, ESP32, dan motor tiga fasa dalam satu panel yang terorganisir. Proses ini dilanjutkan dengan perencanaan kelistrikan secara menyeluruh, meliputi pengaturan sumber daya, proteksi, serta distribusi kabel dan terminal. Pemilihan komponen dilakukan berdasarkan kebutuhan sistem dan kompatibilitas antar-komponen, termasuk pembelian item seperti PLC Modicon M221, modul ESP32, kabel, motor, MCB, dan komponen pendukung lainnya. Seluruh proses dirancang agar sistem aman, rapi, dan mudah dipelajari oleh pengguna.

III.1.2 Perangkat Lunak

Di sisi perangkat lunak, beberapa aplikasi pendukung digunakan untuk mendesain, memprogram, dan menyimulasikan sistem. Perancangan tata letak kelistrikan dan panel dibantu dengan penggunaan AutoCAD, yang mempermudah visualisasi *wiring* dan instalasi fisik. Untuk pemrograman ESP32, digunakan Arduino IDE sebagai platform utama dalam menulis dan mengunggah kode C++ yang mengatur logika komunikasi dan kontrol melalui web. Sementara itu, EcoStruxure Machine Expert – Basic digunakan untuk menyusun logika *ladder* Diagram pada PLC Modicon M221, karena *software* ini resmi dari *Schneider Electric* dan menyediakan dukungan penuh terhadap produk PLC tersebut. Seluruh

perangkat lunak ini dipilih berdasarkan kemudahan penggunaan dan kemampuan integrasinya dalam sistem otomasi berbasis web.

III.2 Tahap Perakitan

Setelah seluruh kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak dipersiapkan, langkah berikutnya adalah tahap perakitan. Pada tahap ini, semua komponen yang telah direncanakan mulai dipasang dan dirangkai sesuai desain yang telah dibuat. Proses perakitan melibatkan pekerjaan wiring dan penyolderan, yang memerlukan ketelitian dan kehati-hatian agar sistem dapat berfungsi dengan aman dan stabil. Tahapan ini menjadi dasar dari struktur fisik sistem yang nantinya akan dikendalikan dan diuji pada tahap penyelesaian.

III.2.1 Wiring

Proses *wiring* atau pengkabelan dilakukan dengan memperhatikan standar keamanan dan keteraturan pemasangan kabel. Dalam sistem ini digunakan kabel berukuran 0,75 mm², yang sesuai untuk arus kecil seperti sinyal kontrol dan catu daya ke ESP32. Setiap kabel yang digunakan diberi skun untuk memastikan koneksi lebih kuat dan mengurangi risiko longgar atau terkelupas. Skun yang telah dipasang kemudian dilindungi menggunakan bungkus silikon (*heat shrink*) agar rapi dan aman dari korsleting. Selama proses ini, digunakan **tang crimping** untuk memastikan skun terpasang sempurna pada ujung kabel. Penataan kabel diusahakan serapi mungkin untuk memudahkan proses perbaikan atau pengembangan sistem di kemudian hari.

III.2.2 Soldering

Selain pengkabelan, beberapa koneksi pada ESP32 dan modul tambahan lainnya memerlukan proses patri. Proses ini dilakukan menggunakan solder listrik, timah solder yang dilengkapi *flux*, dan dilakukan di tempat yang memiliki ventilasi baik untuk meminimalkan paparan asap timah. Penggunaan *flux* bertujuan untuk membantu timah mengalir dan menempel lebih sempurna di titik sambungan. Keamanan kerja menjadi hal penting dalam tahap ini, mengingat suhu solder yang tinggi dapat menyebabkan luka bakar dan asap yang dihasilkan berpotensi iritatif.

Oleh karena itu, proses solder dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan alas kerja tahan panas.

III.3 Tahap Penyelesaian

III.3.1 Coding

Proses *coding* dilakukan dalam tiga bagian utama, yaitu pemrograman PLC, pengembangan web antarmuka, dan pembangunan sistem komunikasi pada ESP32. Pada PLC Modicon M221, logika kontrol disusun menggunakan *ladder* Diagram melalui perangkat lunak EcoStruxure Machine Expert – Basic. Program ini mengatur kerja motor tiga fasa berdasarkan perintah yang diterima dari ESP32. Selanjutnya, antarmuka web dikembangkan menggunakan HTML, CSS, dan JavaScript, dirancang agar ringan dan dapat menampilkan status sistem secara *real-time*, serta menyediakan kontrol yang interaktif dan mudah dipahami pengguna. Di sisi ESP32, pemrograman dilakukan menggunakan Arduino IDE dalam bahasa C++, dengan fungsi utama sebagai jembatan komunikasi antara antarmuka dan PLC melalui protokol Modbus TCP. ESP32 bertanggung jawab untuk menerima data dari web, meneruskannya ke PLC, dan mengirimkan kembali status dari PLC ke pengguna.

III.3.2 Testing

Setelah seluruh sistem diprogram, dilakukan proses pengujian secara menyeluruh untuk memastikan bahwa semua koneksi, perintah, dan respons berjalan dengan baik. Pengujian mencakup simulasi input-output pada PLC, pengamatan status koneksi jaringan, serta pengujian respons tombol dan indikator pada antarmuka web. Proses ini sering kali disertai dengan *debugging*, yaitu pelacakan dan perbaikan kesalahan pada logika program atau koneksi fisik. Dalam beberapa kasus, dilakukan pula penyesuaian konfigurasi untuk mengoptimalkan kecepatan komunikasi atau stabilitas sistem. Hasil akhir dari tahap ini adalah sistem kontrol motor tiga fasa yang dapat diakses dan dikendalikan secara jarak jauh melalui jaringan, dengan indikator yang akurat dan fungsionalitas yang berjalan sesuai rancangan awal.

BAB IV

ANALISIS HASIL

IV.1 Perangkat Keras Peraga

Perangkat keras yang digunakan dalam proyek ini terdiri dari ESP32 sebagai pusat kendali, modul indikator LED, serta koneksi ke *Programmable Logic Controller* (PLC) melalui protokol Modbus TCP. ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara jaringan WiFi dan PLC, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol status koil secara langsung dari antarmuka web. Modul LED yang terhubung ke pin digital ESP32 digunakan sebagai indikator status, khususnya untuk menampilkan kondisi logika tertentu seperti coil M19. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan sistem *fallback mode Access Point* (AP) apabila koneksi WiFi tidak tersedia, yang memudahkan konfigurasi ulang jaringan.

IV.2 Perangkat Lunak Kontrol

Perangkat lunak dikembangkan secara modular menggunakan bahasa pemrograman C++ untuk ESP32, dengan dukungan *library* AsyncWebServer, Modbus TCP, dan Preferences. Antarmuka web ditulis dalam HTML, CSS, dan JavaScript, memungkinkan komunikasi dua arah dengan ESP32 melalui permintaan JSON. Sistem ini mendukung pengaturan alamat IP PLC dari halaman web, pembacaan dan penulisan coil, serta pelaporan status koneksi PLC dan ESP32 secara real-time. File HTML disimpan di dalam LittleFS ESP32 dan dapat langsung diakses melalui browser.

IV.3 Kualitas Pengalaman Pengguna

Dari sisi pengalaman pengguna, antarmuka dirancang untuk sederhana, responsif, dan informatif. Status koneksi ditampilkan secara real-time dengan pembaruan berkala yang memberikan umpan balik instan terhadap kondisi ESP32 dan PLC. Penyimpanan alamat IP ESP32 di browser serta pengaturan alamat IP PLC yang dapat dilakukan secara langsung menjadikan sistem fleksibel dan mudah dikonfigurasi tanpa perlu *coding* ulang.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil praktikum Aplikasi Pemrograman yang dilaksanakan selama satu semester, dapat disimpulkan bahwa kegiatan ini berhasil memenuhi tujuan yang telah ditetapkan, yaitu memahami dasar pemrograman perangkat keras berbasis ESP32, serta merancang dan mengimplementasikan antarmuka web yang berfungsi untuk memantau dan mengendalikan sistem berbasis PLC. Seluruh proses dilakukan dalam ruang lingkup yang telah ditentukan, dengan memanfaatkan perangkat dari laboratorium dan mengikuti desain umum yang diarahkan oleh dosen pengampu.

Selama praktikum, peserta berhasil membuat sistem yang mampu menghubungkan ESP32 dengan PLC melalui protokol Modbus TCP, memantau status coil, serta mengirim perintah dari halaman web melalui komunikasi JSON. Antarmuka yang dikembangkan mampu menampilkan status koneksi secara real-time, menyimpan pengaturan alamat IP secara lokal di browser, dan memungkinkan pengguna melakukan konfigurasi tanpa harus mengakses ulang kode ESP32. Semua hasil dan data yang ditampilkan berasal dari peraga milik kelompok, yang dirancang dan diuji secara langsung selama praktikum berlangsung.

V.2 Saran

Melalui praktikum ini, sistem antarmuka berbasis web telah mampu menjalankan fungsi dasarnya untuk mengontrol dan memantau PLC dalam jaringan lokal. Namun, ke depannya sistem ini masih memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Salah satu arah pengembangan yang disarankan adalah memungkinkan akses web antarmuka ini dari luar jaringan lokal, misalnya melalui integrasi dengan layanan cloud atau penggunaan tunneling dan server publik. Dengan demikian, pengguna dapat mengontrol dan memantau sistem secara jarak jauh, tidak terbatas pada koneksi lokal saja. Selain itu, pengembangan dari sisi

tampilan antarmuka serta peningkatan fitur keamanan juga menjadi aspek penting agar sistem ini lebih siap digunakan dalam skala industri atau profesional.

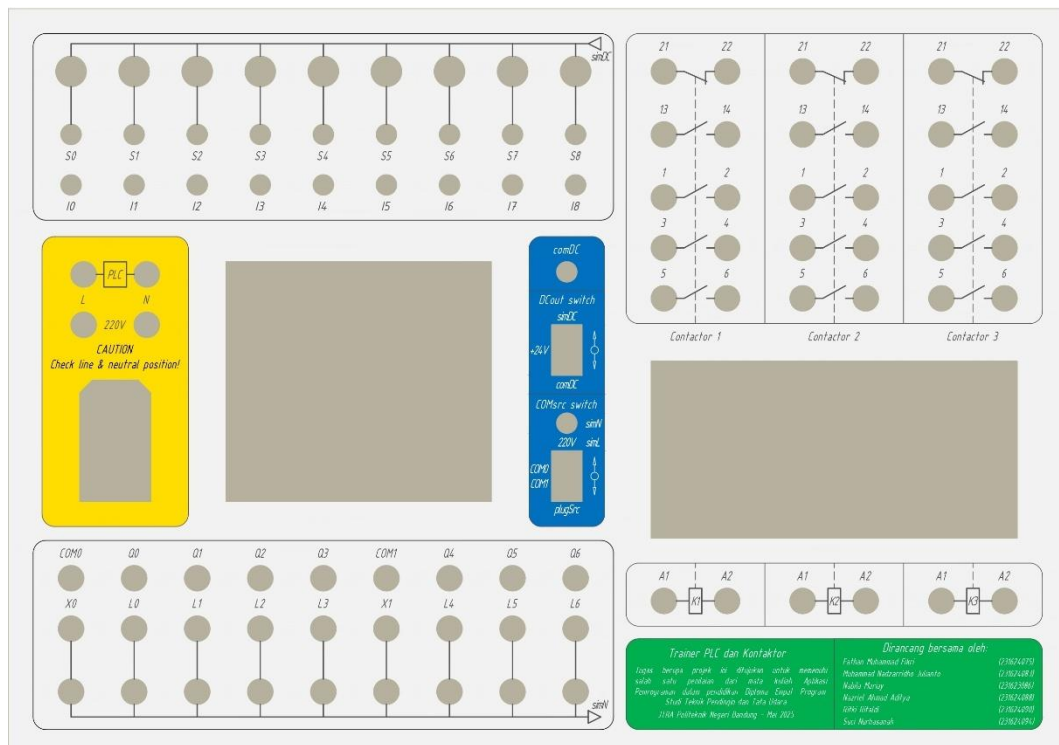
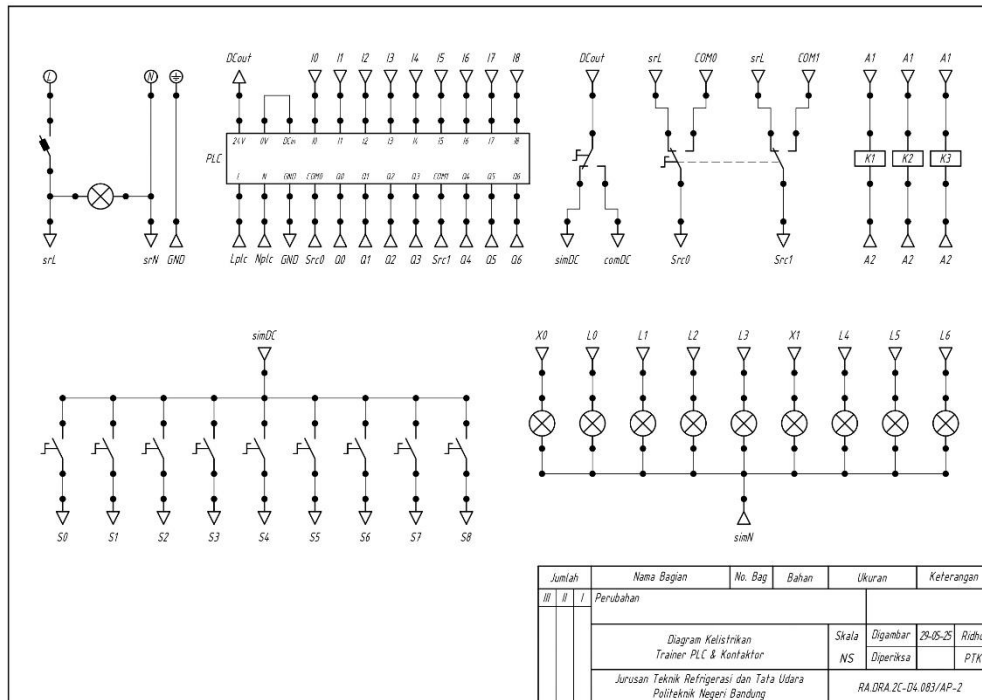
DAFTAR PUSTAKA

Blum, J. (2019). *Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry* (Vol. 2nd). Wiley.

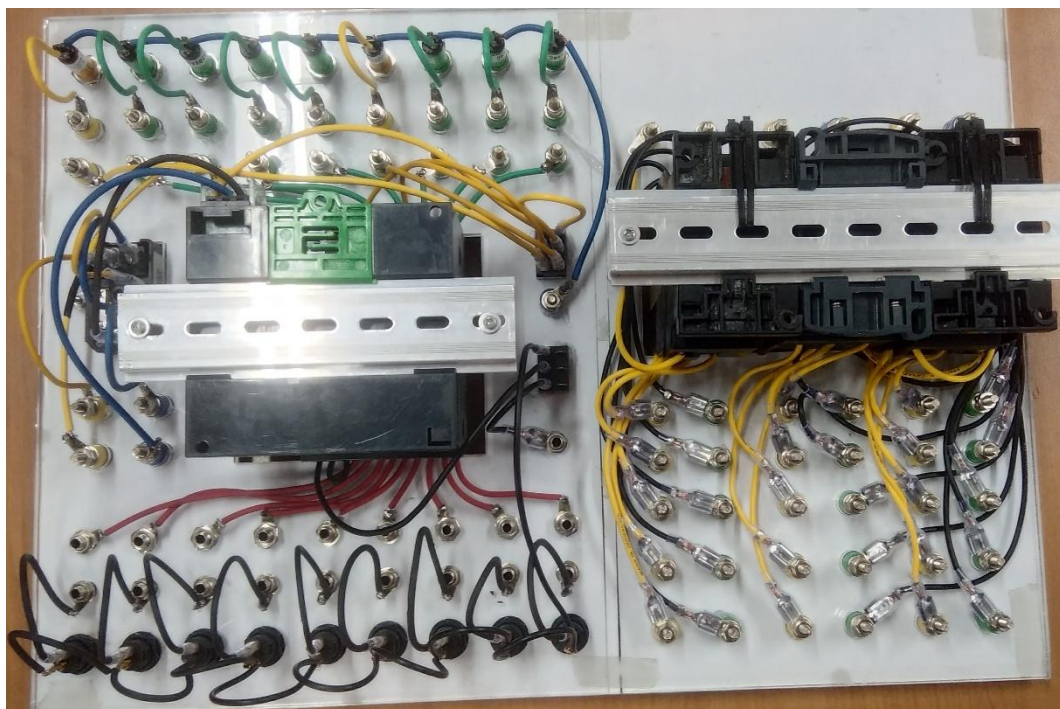
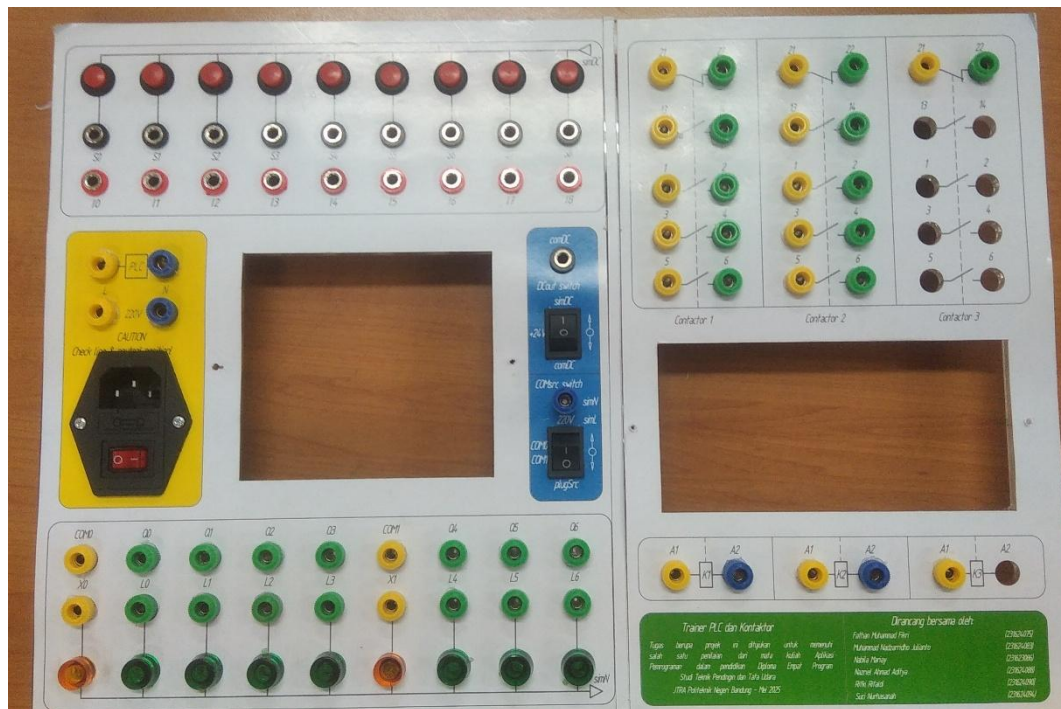
Petruzella, F. D. (2016). *Programmable Logic Controllers* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Desain untuk rancangan fisik dan listrik



Lampiran 2 Hasil pemasangan komponen dan kelistrikan



Lampiran 3 Proses pemrograman dan testing

