



© 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



Penerapan ESP32 sebagai pengganti *IoT Gateway* dalam Sistem Otomasi Berbasis PLC

**TUGAS AKHIR**

**MUHAMMAD RAFLI ALWAHIDDIN**

**2203311065**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**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



Penerapan ESP32 sebagai pengganti *IoT Gateway* dalam Sistem Otomasi Berbasis PLC

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga

**MUHAMMAD RAFLI ALWAHIDDIN**

**2203311065**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**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

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir/Skripsi/Tesis\* ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun diurujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama

: Muhammad Rafli Alwahiddin

NIM

: 2203311065

Tanda Tangan

: 

Tanggal

: 25 Juni 2025

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh :  
Nama : Muhammad Rafli Alwahiddin  
NIM : 2203311065  
Program Studi : Teknik Listrik  
Judul Tugas Akhir : Penerapan ESP32 sebagai pengganti IoT Gateway  
dalam Sistem Otomasi Berbasis PLC  
Telah diuji oleh tim penguji dalam sidang tugas akhir pada Rabu, 25 Juni 2025  
dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I :

Dr. Murie Dwiyaniti. S.T., M.T.,  
NIP. 197803312003122002

Pembimbing II :

Silawardono, S.T., M.Si.  
NIP. 196205171988031002

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Depok, 25 Juni 2025

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 ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan ESP32 sebagai Pengganti IoT Gateway dalam Sistem Otomasi Berbasis PLC” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga di Politeknik Negeri Jakarta.

Penyelesaian Tugas Akhir ini tentu tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Ibu Dr. Murie Dwiyaniti S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I sekaligus Ketua Jurusan Teknik Elektro, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Silowardono, S.T., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah banyak memberikan masukan dan dukungan teknis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Listrik atas ilmu yang telah diberikan.
4. Keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan materi, serta sahabat dan rekan-rekan seperjuangan atas segala semangat dan bantuan yang diberikan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2025

Penulis



**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**

Perangkat *IoT Gateway* komersial yang mahal dan kurang fleksibel menjadi hambatan dalam implementasi sistem otomasi industri berbasis IoT, khususnya untuk skala pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menguji mikrokontroler ESP32 sebagai alternatif *IoT Gateway* yang efektif dan berbiaya rendah. Metode yang digunakan adalah mengintegrasikan PLC Siemens S7-1200 sebagai *server* yang berkomunikasi dengan ESP32 sebagai *client* melalui protokol Modbus TCP/IP dalam jaringan lokal. Selanjutnya, ESP32 bertindak sebagai jembatan yang mengirimkan data monitoring dari PLC ke platform *dashboard* Node-RED dan menerima perintah kontrol menggunakan protokol MQTT. Sistem ini direalisasikan pada sebuah *trainer kit* yang mencakup plant *Water Level Control* (WLC) dan Pengendalian Motor. Perintah kontrol dari *dashboard* berhasil dieksekusi oleh PLC dan data monitoring ditampilkan secara akurat dengan latensi rata-rata sekitar 1,27 detik. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi dua arah antara PLC, ESP32 dan Node-RED berjalan dengan andal. Lebih lanjut, uji pemulihan sistem menunjukkan bahwa ESP32 mampu membangun kembali koneksi secara otomatis setelah terjadi kegagalan, baik pada koneksi Modbus (rata-rata pulih dalam 2 detik setelah PLC aktif) maupun pada koneksi WiFi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ESP32 dapat berfungsi secara efektif sebagai pengganti *IoT Gateway* yang tidak hanya fungsional dan terjangkau, tetapi juga tangguh untuk sistem monitoring dan kontrol jarak jauh.

**Kata Kunci:** ESP32, IoT Gateway, PLC, Modbus TCP/IP, MQTT, Node-RED, Sistem Otomasi

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

**Abstract**

*Commercial IoT Gateway devices, which are expensive and less flexible, pose a barrier to implementing IoT-based industrial automation systems, especially for educational purposes. This research aims to design, implement, and test the ESP32 microcontroller as an effective and low-cost alternative to an IoT Gateway. The method involves integrating a Siemens S7-1200 PLC as a server communicating with an ESP32 as a client via the Modbus TCP/IP protocol over a local network. Subsequently, the ESP32 acts as a bridge, sending monitoring data from the PLC to a Node-RED dashboard platform and receiving control commands using the MQTT protocol. This system is implemented on a trainer kit that includes a Water Level Control (WLC) plant and a Motor Control plant. Control commands from the dashboard were successfully executed by the PLC, and monitoring data was displayed accurately with an average latency of approximately 1.27 seconds. Test results show that two-way communication among the PLC, ESP32, and Node-RED is reliable. Furthermore, the system recovery test demonstrates that the ESP32 can automatically re-establish connections after a failure, for both the Modbus connection (recovering in an average of 2 seconds after the PLC becomes active) and the WiFi connection. Therefore, it can be concluded that the ESP32 can effectively function as a replacement for an IoT Gateway, offering a solution that is not only functional and affordable but also robust for remote monitoring and control systems.*

**Keywords:** ESP32, IoT Gateway, PLC, Modbus TCP/IP, MQTT, Node-RED, Automation System

**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 ISI

|                                                           |      |
|-----------------------------------------------------------|------|
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....                     | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....                        | ii   |
| KATA PENGANTAR.....                                       | ii   |
| Abstrak. ....                                             | iv   |
| <i>Abstract</i> .....                                     | v    |
| DAFTAR ISI .....                                          | vi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                       | viii |
| DAFTAR TABEL .....                                        | ix   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                     | x    |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                   | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                                   | 1    |
| 1.2 Perumusan Masalah.....                                | 2    |
| 1.3 Tujuan.....                                           | 2    |
| 1.4 Luaran.....                                           | 2    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                             | 4    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu.....                             | 4    |
| 2.2 <i>Programmable Logic Controller</i> .....            | 4    |
| 2.2.1 Bagian-bagian PLC.....                              | 5    |
| 2.2.2 Peran PLC dalam Sistem Otomasi.....                 | 6    |
| 2.2.3 Spesifikasi PLC.....                                | 7    |
| 2.3 Mikrokontroler ESP32.....                             | 7    |
| 2.3.1 Kemampuan Dual-Protokol ESP32 .....                 | 8    |
| 2.3.2 Arsitektur Perangkat Lunak ESP32 (Arduino IDE)..... | 8    |
| 2.4 Modbus TCP/IP .....                                   | 9    |
| 2.4.1 Arsitektur Client-Server.....                       | 10   |
| 2.4.2 Struktur Data dan Holding Register.....             | 10   |
| 2.5 HMI (Human Machine Interface).....                    | 10   |
| 2.6 <i>Variable Speed Drive</i> .....                     | 11   |
| BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI .....                   | 13   |
| 3.1 Perencanaan Alat .....                                | 13   |
| 3.1.1 Deskripsi Alat .....                                | 13   |
| 3.1.1.1 Desain Perancangan Alat .....                     | 13   |
| 3.1.1.2 Diagram Pengawatan.....                           | 14   |



**Hak Cipta :**

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

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.2 Diagram Blok Sistem .....                                                | 14 |
| 3.1.3 Diagram Alir Sistem .....                                                | 16 |
| 3.1.4 Diagram Alir IoT .....                                                   | 20 |
| 3.1.5 Spesifikasi Alat .....                                                   | 21 |
| 3.2 Realisasi Alat .....                                                       | 23 |
| 3.2.1 Konfigurasi Perangkat Lunak .....                                        | 23 |
| 3.2.1.1 Pemrograman PLC .....                                                  | 24 |
| 3.2.1.2 Pemrograman ESP32 .....                                                | 30 |
| 3.2.2 Teknik Pengujian .....                                                   | 32 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....                                              | 33 |
| 4.1 Pengujian Komunikasi Antara PLC dan ESP32 .....                            | 33 |
| 4.1.1 Deskripsi Pengujian .....                                                | 33 |
| 4.1.2 Prosedur Pengujian .....                                                 | 34 |
| 4.1.3 Data Hasil Pengujian .....                                               | 36 |
| 4.1.4 Analisa Data .....                                                       | 38 |
| 4.2 Pengujian Pemulihan Otomatis dari Kegagalan ( <i>Recovery Test</i> ) ..... | 38 |
| 4.2.1 Deskripsi Pengujian .....                                                | 38 |
| 4.2.2 Prosedur Pengujian .....                                                 | 39 |
| 4.2.3 Data Hasil Pengujian .....                                               | 39 |
| 4.2.4 Analisa Data .....                                                       | 42 |
| BAB V PENUTUP .....                                                            | 43 |
| 5.1 Kesimpulan .....                                                           | 43 |
| 5.2 Saran .....                                                                | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                           | 45 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....                                                     | 46 |
| LAMPIRAN .....                                                                 | 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 GAMBAR**

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 PLC Siemens S7-1200 .....                                  | 7  |
| Gambar 2.2 ESP32.....                                                 | 7  |
| Gambar 2.3 VSD SV015iC5-1 .....                                       | 12 |
| Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem.....                                   | 14 |
| Gambar 3.2 Diagram Alir Pemilihan Plant.....                          | 16 |
| Gambar 3.3 Diagram Alir Plant WLC .....                               | 17 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Pemilihan Setpoint .....                      | 18 |
| Gambar 3.5 Diagram Alir Setpoint HMI dan Setpoint Potensiometer ..... | 19 |
| Gambar 3.6 Diagram Alir Sistem IoT .....                              | 20 |
| Gambar 3.7 Ladder Diagram untuk Modbus pada PLC .....                 | 28 |
| Gambar 3.8 Data Block Koneksi & Data .....                            | 29 |
| Gambar 3.9 Konfigurasi MQTT dan Modbus pada ESP32.....                | 31 |
| Gambar 4.1 Kontrol pada Dashboard Node-Red dan PLC.....               | 37 |
| Gambar 4.2 Waktu Pemulihan Sistem.....                                | 41 |

**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 TABEL**

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Spesifikasi PLC Siemens S7-1200 1215C Dc/Dc/Rly ..... | 7  |
| Tabel 3.1 Spesifikasi Alat.....                                 | 23 |
| Tabel 3.2 Pengalamatan Input PLC .....                          | 25 |
| Tabel 3.3 Pengalamatan Output.....                              | 25 |
| Tabel 3.4 Konfigurasi MB_CONFIG .....                           | 26 |
| Tabel 3.5 Konfigurasi MB_DATA.....                              | 27 |
| Tabel 3.6 Setup Variable ESP32 .....                            | 30 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Komunikasi PLC-ESP32 .....       | 36 |
| Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Pemulihan Sistem .....           | 40 |





**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 Desain Layout Komponen.....                                    | 47 |
| Lampiran 2 Diagram Pengawatan Daya VSD .....                              | 48 |
| Lampiran 3 Diagram Pengawatan Daya Kipas, HMI dan Voltage Adjustment..... | 49 |
| Lampiran 4 Diagram Pengawatan Input & Output PLC .....                    | 50 |
| Lampiran 5 Diagram Pengawatan AI, AO, Input dan Output PLC.....           | 51 |
| Lampiran 6 Program ESP32 pada Arduino IDE.....                            | 52 |
| Lampiran 7 Program PLC.....                                               | 57 |
| Lampiran 8 Dokumentasi .....                                              | 67 |





**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

Dalam 1 dekade, dunia industri mengalami transformasi besar dengan munculnya konsep *Industrial Internet of Things* (IIoT). Konsep ini memungkinkan perangkat-perangkat otomasi seperti *Programmable Logic Controller* (PLC) terhubung ke jaringan internet, sehingga proses monitoring dan pengendalian sistem dapat dilakukan dari jarak jauh secara *real-time*. Keuntungan utama dari pendekatan ini adalah meningkatnya efisiensi operasional dan kemudahan dalam pengambilan keputusan berbasis data.

Untuk menghubungkan sistem PLC ke *platform IoT*, umumnya digunakan sebuah perangkat bernama *IoT Gateway*. Perangkat ini berperan sebagai penghubung antara protokol industri seperti Modbus TCP/IP dengan protokol komunikasi IoT yang lebih umum, seperti MQTT. Namun, perangkat *IoT Gateway* komersial umumnya memiliki harga yang cukup tinggi dan tidak selalu fleksibel untuk pengembangan atau pembelajaran mandiri. Kesenjangan ini menjadi penghalang, terutama bagi industri skala kecil dan menengah (UKM) atau untuk tujuan edukasi, di mana anggaran menjadi pertimbangan utama. Beberapa penelitian telah menyoroti masalah ini dan mengusulkan solusi berbasis mikrokontroler untuk menekan biaya implementasi. Penelitian oleh (Ananda et al., 2023) yang berhasil mengintegrasikan ESP32 dengan PLC Siemens S7-1200 menggunakan Modbus TCP/IP semakin memperkuat argumen bahwa mikrokontroler berbiaya rendah mampu menggantikan peran *gateway* komersial secara fungsional.

Sebagai alternatif yang lebih terjangkau, mikrokontroler ESP32 dapat dimanfaatkan sebagai pengganti IoT Gateway. ESP32 memiliki konektivitas Wi-Fi yang mendukung protokol TCP/IP dan MQTT, sehingga tetap memungkinkan untuk terhubung ke jaringan lokal maupun inter-lokal. Dengan memanfaatkan router dan ESP32 yang dapat diintegrasikan ke dalam sistem jaringan untuk berkomunikasi dengan PLC, data dari PLC dapat dikirim dan



**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

diterima oleh ESP32 untuk kemudian ditampilkan atau dikendalikan melalui antarmuka berbasis web menggunakan Node-RED. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi monitoring dan kontrol berbasis IoT untuk skala kecil, tetapi juga sangat bermanfaat sebagai media pembelajaran dalam bidang teknik elektro, khususnya terkait integrasi sistem otomasi dan teknologi jaringan modern.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan ESP32 berbasis Wi-Fi sebagai pengganti *IoT Gateway* dalam sistem otomasi berbasis PLC?
2. Bagaimana komunikasi antara ESP32 dan PLC Siemens S7-1200 melalui protokol Modbus TCP/IP dalam jaringan lokal?
3. Bagaimana performa sistem dalam hal responsivitas dan keandalan saat digunakan untuk kontrol jarak jauh?

## 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendesain sistem IoT berbasis PLC dengan menggunakan ESP32 sebagai *IoT Gateway*.
2. Membangun komunikasi data antara PLC Siemens S7-1200 dan ESP32 melalui protokol Modbus TCP/IP menggunakan jaringan lokal (router dan *switch hub*).
3. Menguji kinerja dan keandalan sistem untuk kebutuhan monitoring dan kontrol jarak jauh.

## 1.4 Luaran

Luaran dari tugas akhir ini mencakup:

1. Prototipe sistem otomasi berbasis PLC yang terhubung ke jaringan IoT menggunakan ESP32 sebagai pengganti *IoT Gateway*.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

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

2. Sistem monitoring dan kontrol secara jarak jauh.
3. Laporan teknis yang mendokumentasikan desain sistem, konfigurasi jaringan, pemrograman, serta hasil dan analisis pengujian.





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 yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem otomasi berbasis PLC Siemens S7-1200 berhasil diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pengganti IoT Gateway, menggunakan protokol Modbus TCP/IP untuk komunikasi di jaringan lokal dan MQTT untuk koneksi ke platform IoT.
2. Sistem menunjukkan kinerja yang responsif, dibuktikan dengan latensi rata-rata sebesar 1,27 detik dari perintah dikirim melalui dashboard hingga dieksekusi oleh aktuator. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan respons kontrol secara *real-time* dengan waktu tunda yang minimal.
3. Kemampuan pemulihan otomatis sistem terbukti andal, di mana ESP32 mampu membangun kembali koneksi Modbus dengan PLC dalam waktu rata-rata 2 detik setelah PLC kembali aktif. Ini menunjukkan ketangguhan sistem dalam menghadapi gangguan pada perangkat keras utama.
4. Dengan memanfaatkan ESP32, sistem ini memberikan solusi alternatif yang lebih ekonomis, fleksibel, dan mudah diintegrasikan, dibandingkan IoT Gateway industri seperti Siemens IOT2050. Hal ini menjadikan trainer kit sangat cocok digunakan sebagai media pembelajaran maupun riset dalam pengembangan sistem otomasi berbasis IoT.

### 5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem di masa mendatang, beberapa saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Pengujian di Lingkungan Industri Nyata  
Perlu dilakukan pengujian dalam skenario industri sesungguhnya untuk



## © 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

mengetahui ketahanan dan kestabilan sistem dalam kondisi beban kerja yang lebih kompleks dan variatif.

### 2. Pengembangan Visualisasi dan Logging Data

Sistem monitoring berbasis Node-RED dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan fitur penyimpanan data historis (logging) serta grafik tren, untuk mendukung analisis performa sistem dalam jangka panjang.





**Hak Cipta :**

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

**DAFTAR PUSTAKA**

- Aghenta, L. O., & Iqbal, M. T. (2019). Design and implementation of a low-cost, open source IoT-based SCADA system using ESP32 with OLED, ThingsBoard and MQTT protocol. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 4(1), 57–86. <https://doi.org/10.3934/ElectrEng.2020.1.57>
- Ananda, A. S. P., Ii Munadhif, I. M., Isa, I. R., Ryan, R. Y. A., & Rini, R. I. (2023). Integrasi Sistem Komunikasi Modbus TCP/IP pada PLC Siemens S7-1200, ESP32, dan HMI. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(2), 234–244. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i2.3254>
- Boonmeeruk, P., Palrat, P., & Wongsopanakul, K. (2024). Cost-Effective IIoT Gateway Development Using ESP32 for Industrial Applications. *Engineering Journal*, 28(10), 93–108. <https://doi.org/10.4186/ej.2024.28.10.93>
- Prasta Mahrifatika, & Ilham Akbar Darmawan. (2022). Perbandingan Konsumsi Energi Motor Induksi 3 Fasa Antara Kontaktor Dan Variable Speed Drive (Inverter) Pada Mesin Circular Loom Di PT. Murni Mapan Mandiri. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(2), 35–46. <https://doi.org/10.58169/saintek.v1i2.75>
- 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>
- Utomo, S. N., Winarso, R., & Qomaruddin, Q. (2019). Rancang Bangun Conveyor Mesin Planer Kayu Dengan Sistem Penggerak Motor Stepper. *Jurnal Crankshaft*, 2(1), 43–48. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v2i1.3075>

**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 RIWAYAT HIDUP**

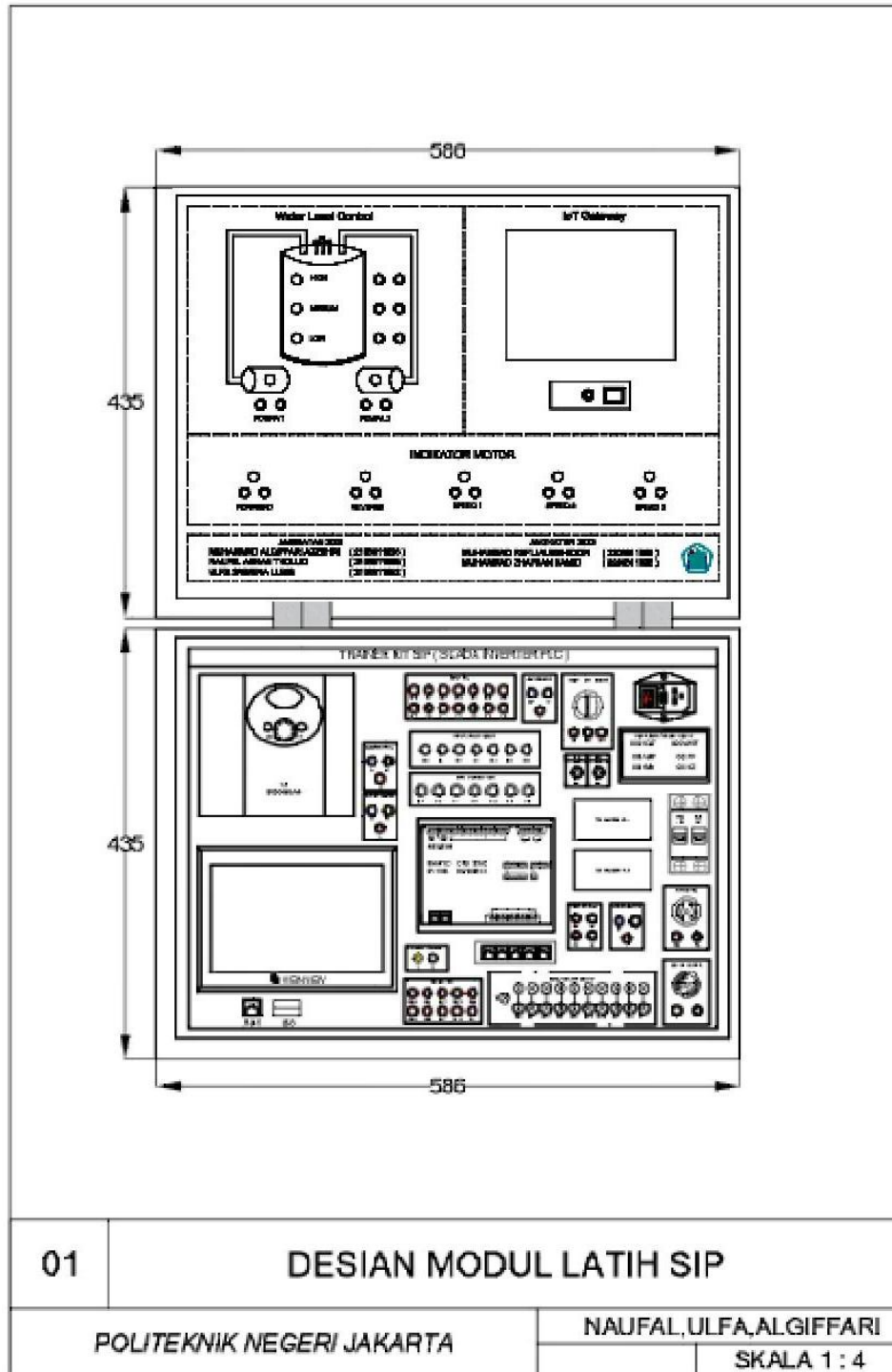
Peneliti bernama lengkap Muhammad Rafli Alwahiddin. Lahir di Bogor, 4 April 2002. Latar belakang pendidikan penulis adalah Sekolah Dasar Islam Karya Mukti (2007 – 2014). Kemudian melanjutkan pendidikan kejenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Puspanegara. Kemudian melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMK Negeri 1 Cibinong. Kemudian melanjutkan pendidikan kejenjang Perguruan Tinggi di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Elektro Program Studi D3 Teknik Listrik pada tahun 2022.



**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**



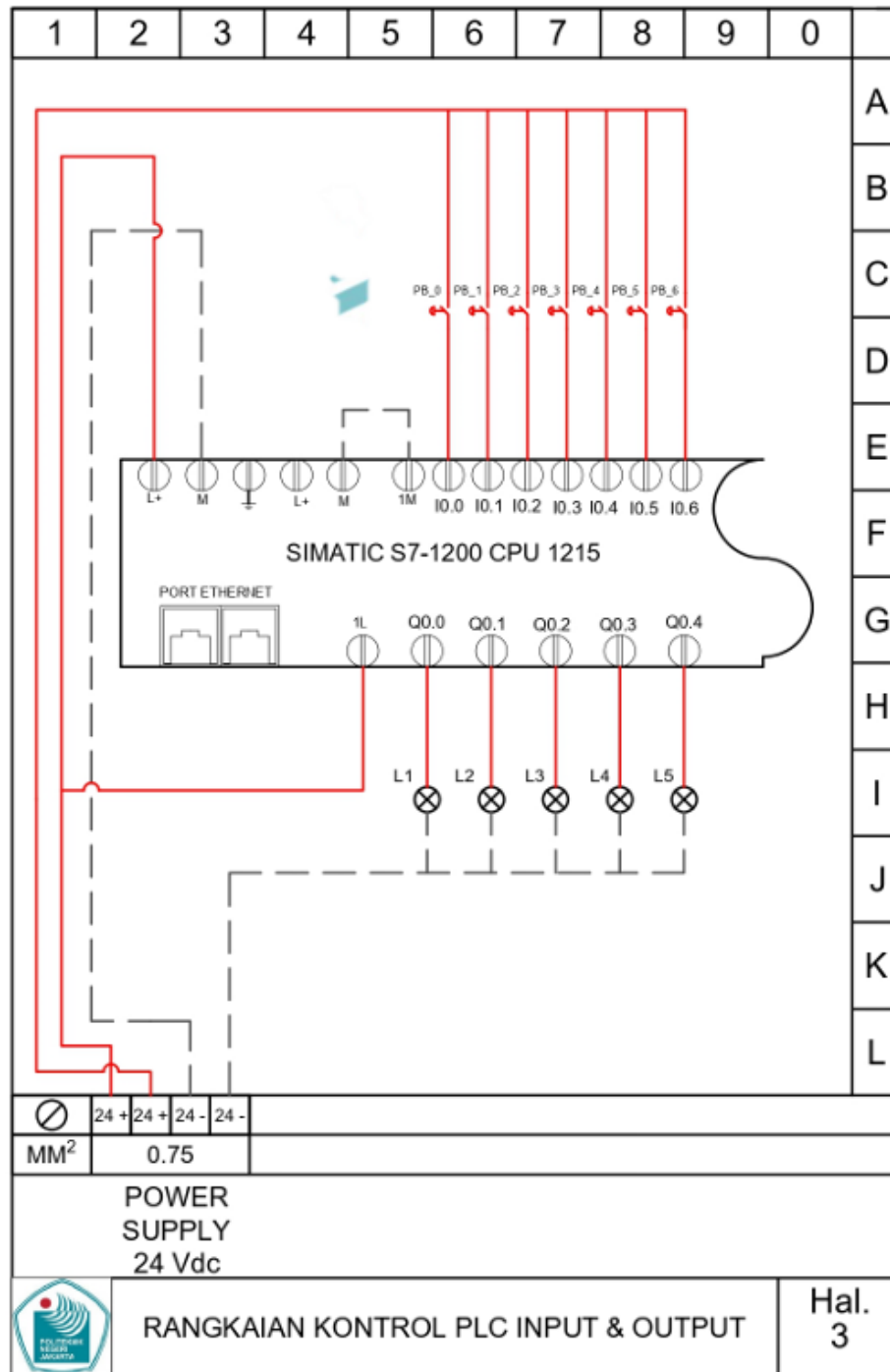
Lampiran 1 Desain Layout Komponen





**Hak Cipta :**

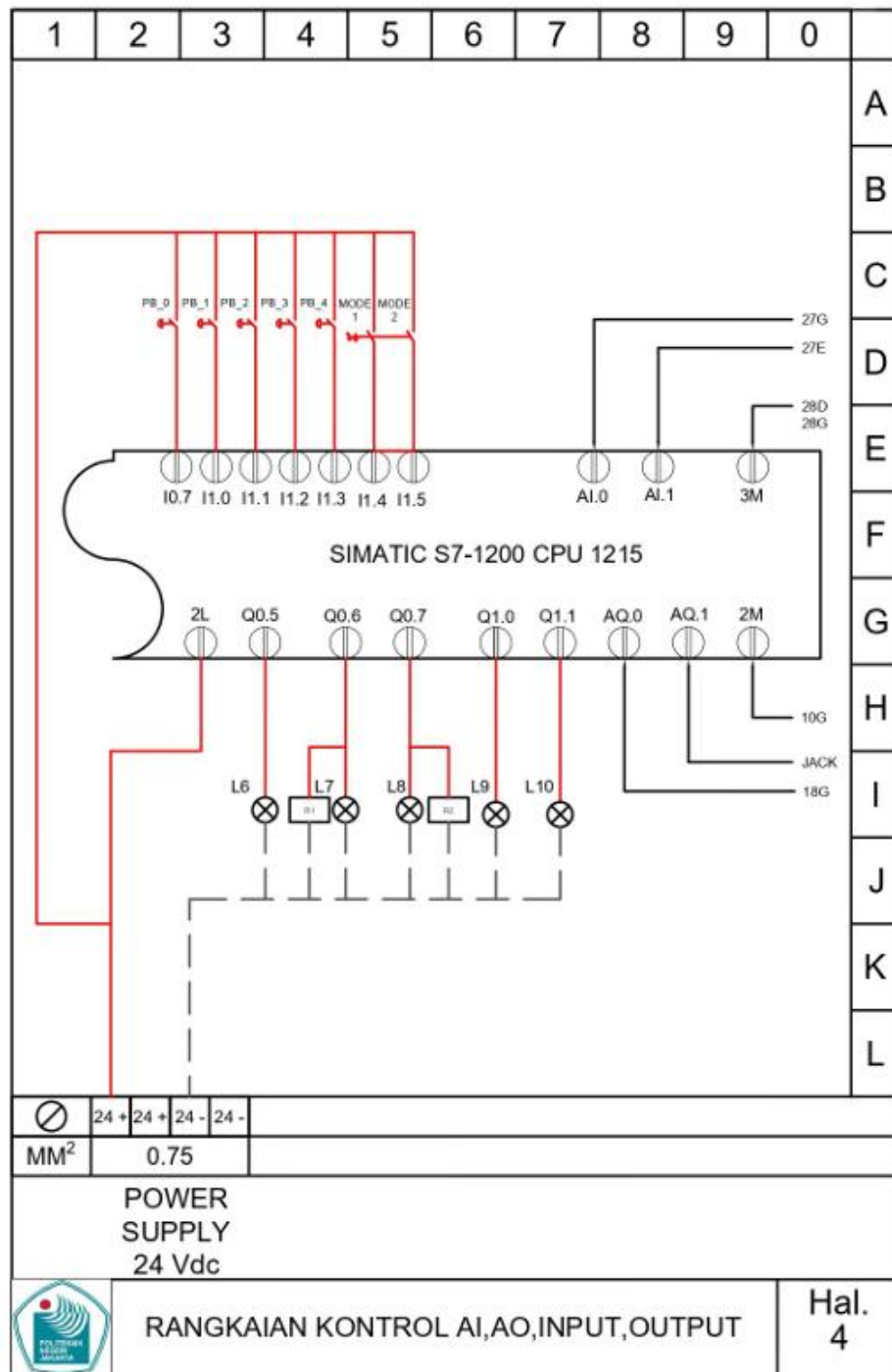
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan 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 4 Diagram Pengawatan Input & Output PLC

**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 5 Diagram Pengawatan AI, AO, Input dan Output PLC



**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

PLC\_mqtt\_2.ino

```
1  #include <WiFi.h>
2  #include <ModbusIP_ESP8266.h>
3  #include <PubSubClient.h>
4
5  // ===== WiFi =====
6  const char* ssid = "COSMIC";
7  const char* password = "12312345";
8
9  // ===== MQTT =====
10 const char* mqtt_server = "broker.emqx.io";
11 const int mqtt_port = 1883;
12 const char* mqtt_client_id = "ESP32_Modbus";
13 const char* topic_prefix = "plc_iot1";
14
15 WiFiClient espClient;
16 PubSubClient client(espClient);
17
18 // ===== MODBUS =====
19 ModbusIP mb;
20 IPAddress plcIP(192, 168, 1, 10); // IP PLC Siemens
21
22 const int REG_READ_START = 0;
23 const int REG_READ_COUNT = 6;
24
25 const int REG_WRITE_START = 6;
26 const int REG_WRITE_COUNT = 5;
```



**Hak Cipta :**

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

```
28 uint16_t readRes[REG_READ_COUNT];
29 unsigned long lastReadTime = 0;
30 const unsigned long readInterval = 2000;
31
32 // ===== LED Indikator =====
33 const int ledPin = 2; // GPIO 5
34
35 // ===== MQTT Callback =====
36 void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
37     payload[length] = 0;
38     int val = atoi((char*)payload);
39
40     struct ControlMap {
41         const char* topic;
42         int regIndex;
43     } controlMap[] = {
44         { "start_wlc", 0 },
45         { "stop_wlc", 1 },
46         { "forward_motor", 2 },
47         { "stop_motor", 3 },
48         { "reverse_motor", 4 }
49     };
```

```
51 for (auto& entry : controlMap) {
52     String expected = String(topic_prefix) + "/control/" + entry.topic;
53     if (String(topic) == expected) {
54         int regAddress = REG_WRITE_START + entry.regIndex;
55         bool success = mb.writeHreg(plcIP, regAddress, val ? 1 : 0);
56         Serial.printf("[MQTT] Set %s ke %d (Reg %d) -> %s\n", entry.topic, val, regAddress, success ? "OK" : "Gagal");
57     }
58 }
59 }
60
61 // ===== MQTT Reconnect =====
62 void reconnectMQTT() {
63     while (!client.connected()) {
64         Serial.print("🔌 Menghubungkan ke MQTT...");
65         if (client.connect(mqtt_client_id)) {
66             Serial.println("✅ MQTT Terhubung");
67
68             const char* controlTopics[] = {
69                 "start_wlc", "stop_wlc", "forward_motor", "stop_motor", "reverse_motor"
70             };
71             for (const char* t : controlTopics) {
72                 String topic = String(topic_prefix) + "/control/" + t;
73                 client.subscribe(topic.c_str());
74             }
75         }
76     }
77 }
```



**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

```
76     } else {  
77         Serial.print("✗ Gagal, rc=");  
78         Serial.println(client.state());  
79         delay(1000);  
80     }  
81 }  
82 }  
83  
84 // ===== SETUP =====  
85 void setup() {  
86     Serial.begin(115200);  
87     pinMode(ledPin, OUTPUT);  
88     digitalWrite(ledPin, LOW); // Awal mati  
89  
90     WiFi.begin(ssid, password);  
91     Serial.print("✚ Menghubungkan WiFi");  
92     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {  
93         digitalWrite(ledPin, HIGH);  
94         delay(500);  
95         digitalWrite(ledPin, LOW);  
96         delay(500);  
97         Serial.print(".");  
98     }  
99  
100     Serial.println("\n✅ WiFi Terhubung");  
101     Serial.print("IP ESP32: ");  
102     Serial.println(WiFi.localIP());
```



**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

```
104     client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
105     client.setCallback(callback);
106
107     mb.client(); // ESP32 sebagai Modbus TCP Client
108 }
109
110 // ===== LOOP =====
111 void loop() {
112     if (!client.connected()) reconnectMQTT();
113     client.loop();
114     mb.task();
115
116     // Koneksi ke PLC
117     if (!mb.isConnected(plcIP)) {
118         mb.connect(plcIP);
119         Serial.println("🔄 Mencoba koneksi ke PLC...");
120         // LED berkedip selama mencoba koneksi ke PLC
121         digitalWrite(ledPin, HIGH);
122         delay(300);
123         digitalWrite(ledPin, LOW);
124         delay(300);
125         return;
126     }
127
128     // ===== BACA DATA DARI PLC =====
129     if (millis() - lastReadTime >= readInterval) {
130         lastReadTime = millis();
```



**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

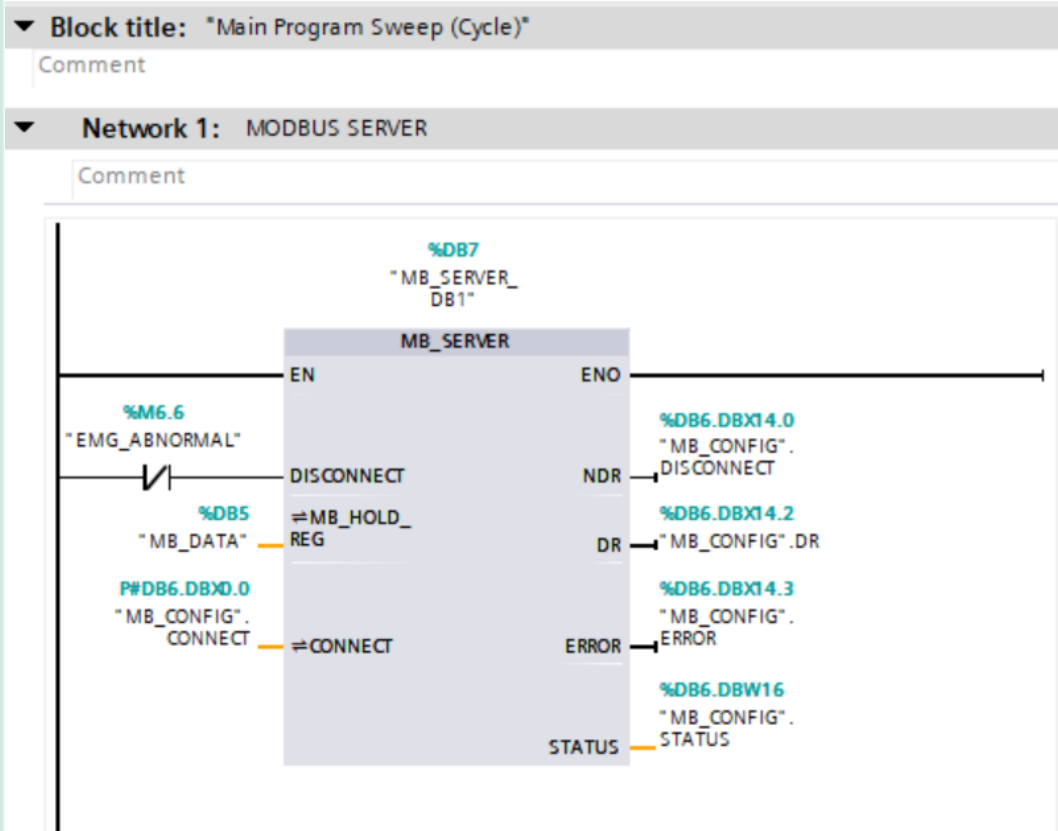
```
132     if (mb.readHreg(plcIP, REG_READ_START, readRes, REG_READ_COUNT)) {
133         Serial.print(" 📡 Data dari PLC: ");
134         const char* topics[] = {
135             "level_air", "speed_motor", "arus_motor",
136             "freq_motor", "rpm_motor", "tegangan"
137         };
138
139         for (int i = 0; i < REG_READ_COUNT; i++) {
140             Serial.print(readRes[i]);
141             if (i < REG_READ_COUNT - 1) Serial.print(", ");
142
143             String topic = String(topic_prefix) + "/data/" + topics[i];
144             client.publish(topic.c_str(), String(readRes[i]).c_str(), true);
145         }
146         Serial.println();
147     } else {
148         Serial.println(" ⚠️ Gagal membaca register dari PLC");
149     }
150 }
151
152 // ===== LED Indikator Manual =====
153 if (WiFi.status() == WL_CONNECTED &&
154     client.connected() &&
155     mb.isConnected(plcIP)) {
156     digitalWrite(ledPin, HIGH); // LED menyala terus saat semua koneksi OK
157 } else {
158     // LED berkedip pelan saat koneksi belum lengkap
159     digitalWrite(ledPin, HIGH);
160     delay(700);
161     digitalWrite(ledPin, LOW);
162     delay(700);
163 }
164 }
```

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## Lampiran 7 Program PLC

### 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



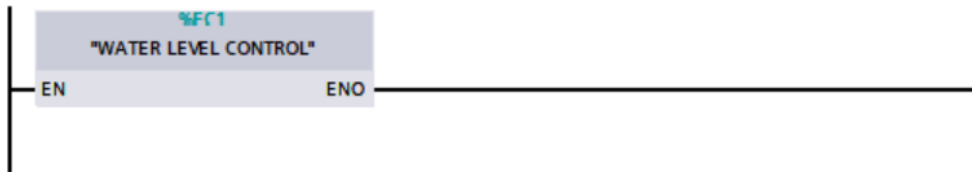
POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

### 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

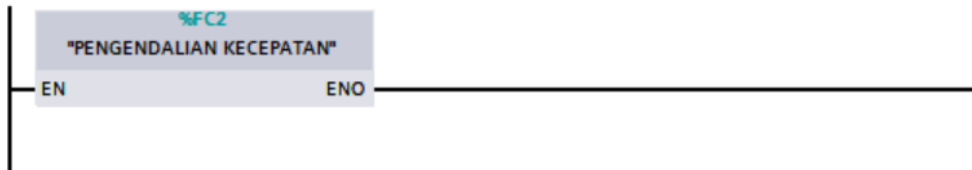
#### Network 2: PLANT WATER LEVEL CONTROL

Comment



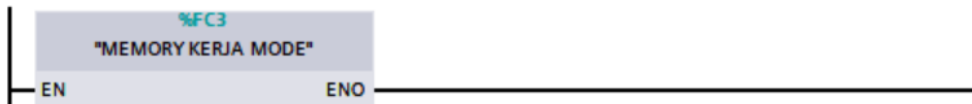
#### Network 3: PLANT SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR

Comment



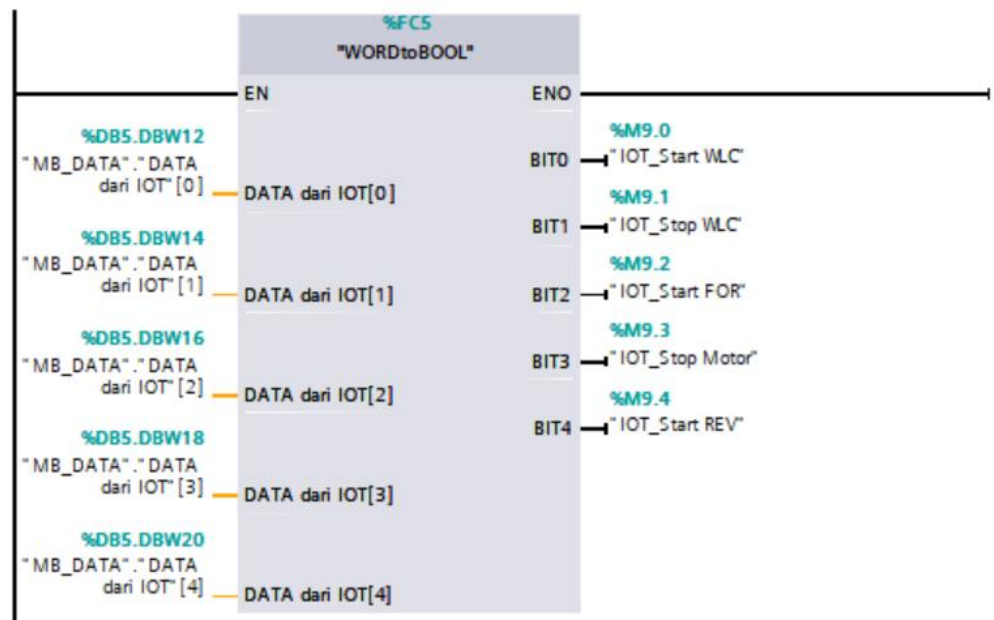
#### Network 4: PERUBAHAN MODE 1 DAN MODE 2

Comment



#### Network 6: WORD to BOOL (Kontrol dari IOT)

Comment

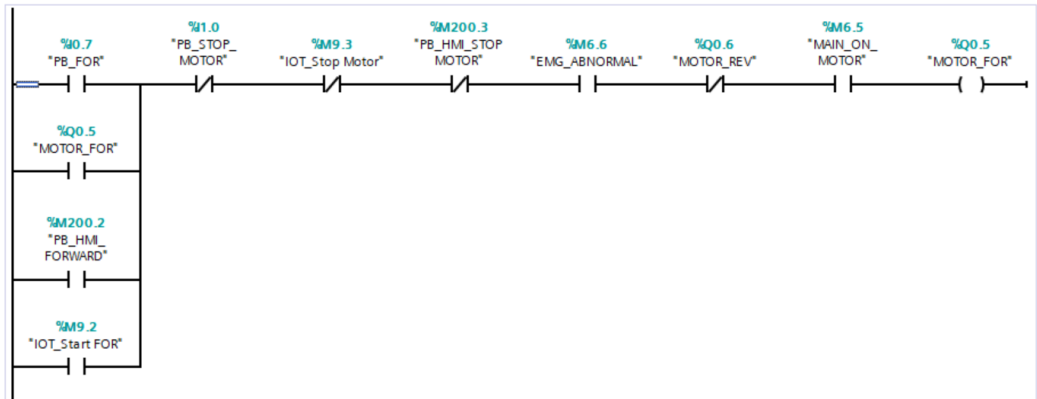


### Hak Cipta :

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

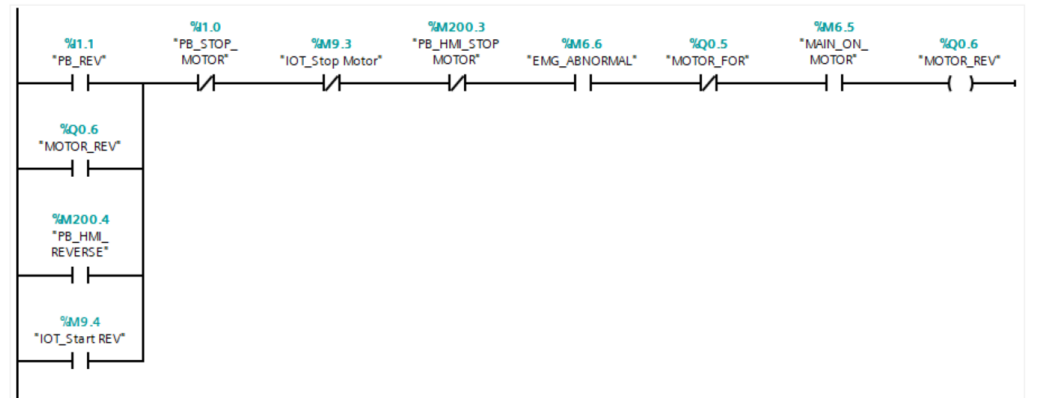
#### Network 1: START/STOP PADA MOTOR INDUKSI FORWARD

Comment



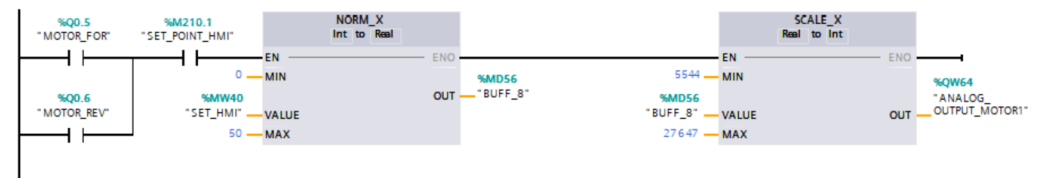
#### Network 2: START/STOP PADA MOTOR INDUKSI REVERSE

Comment



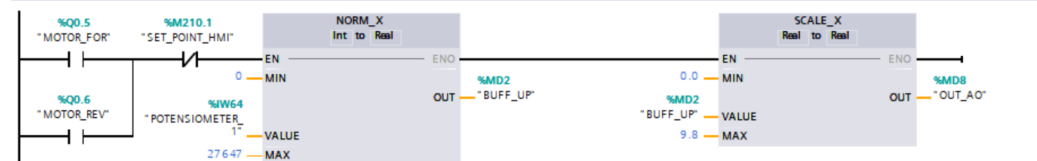
#### Network 3: SET POINT MENGGUNAKAN HMI

Comment



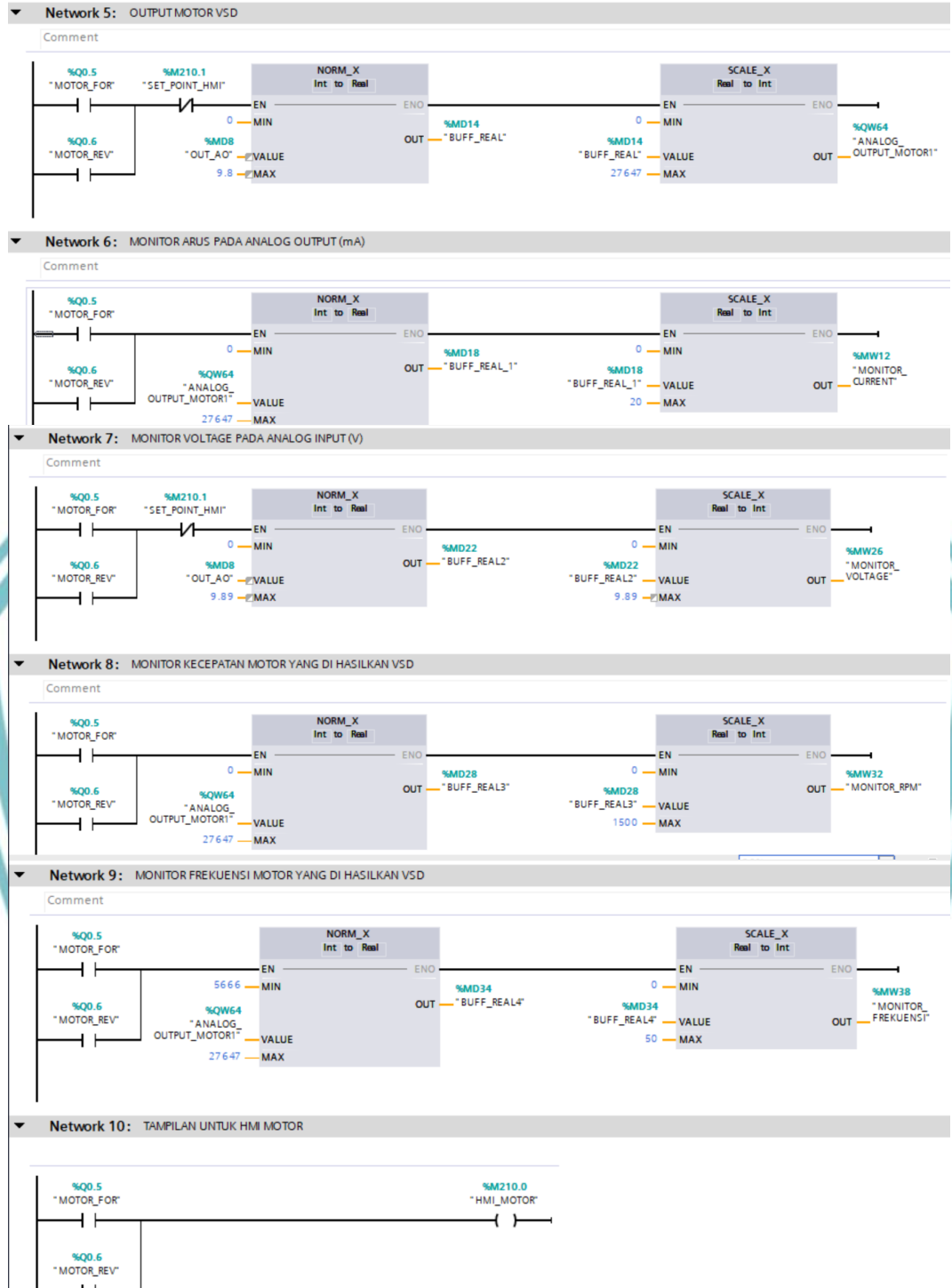
#### Network 4: SETPOIN POTENSIOMETER

Comment



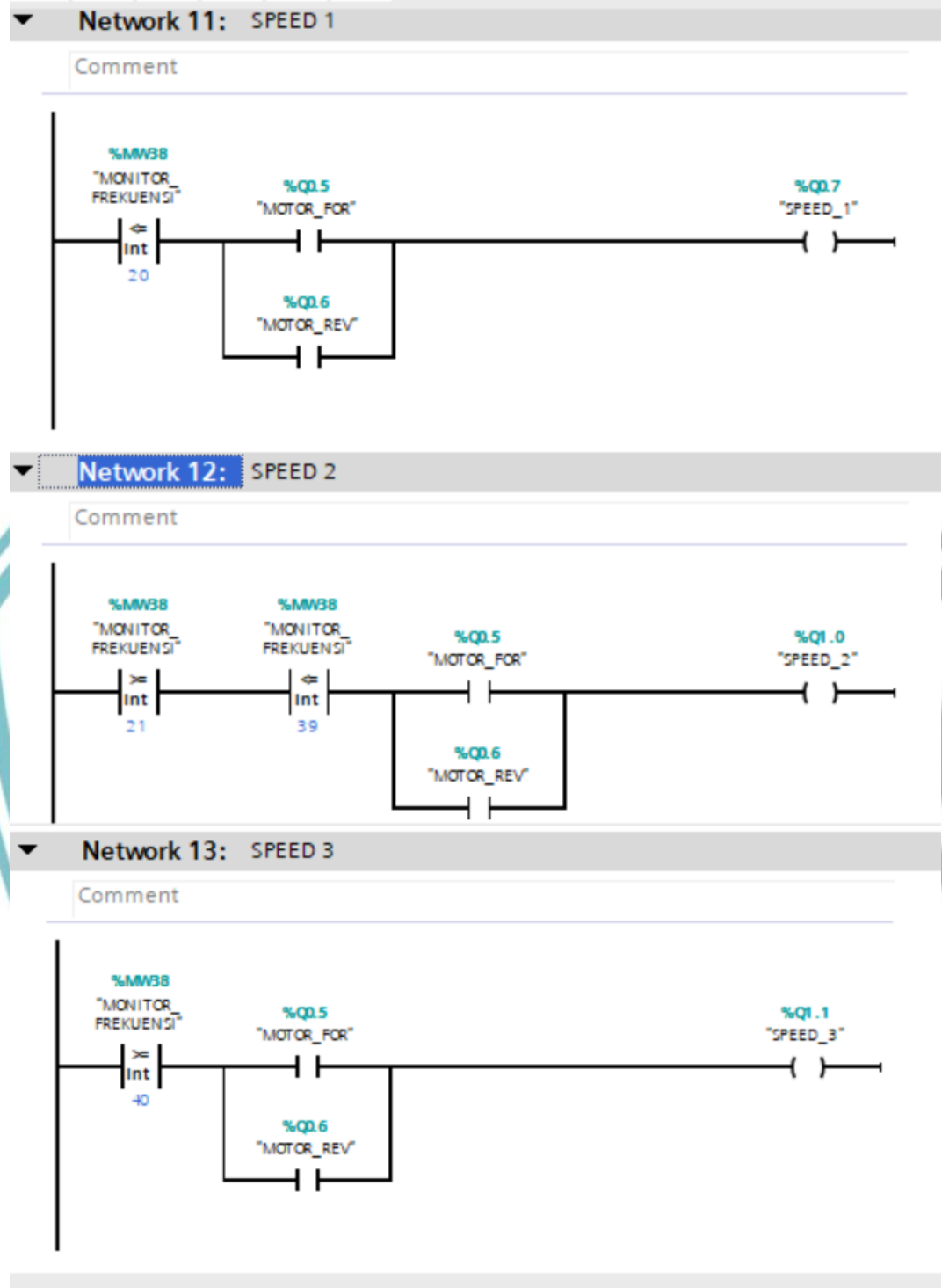
### Hak Cipta :

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



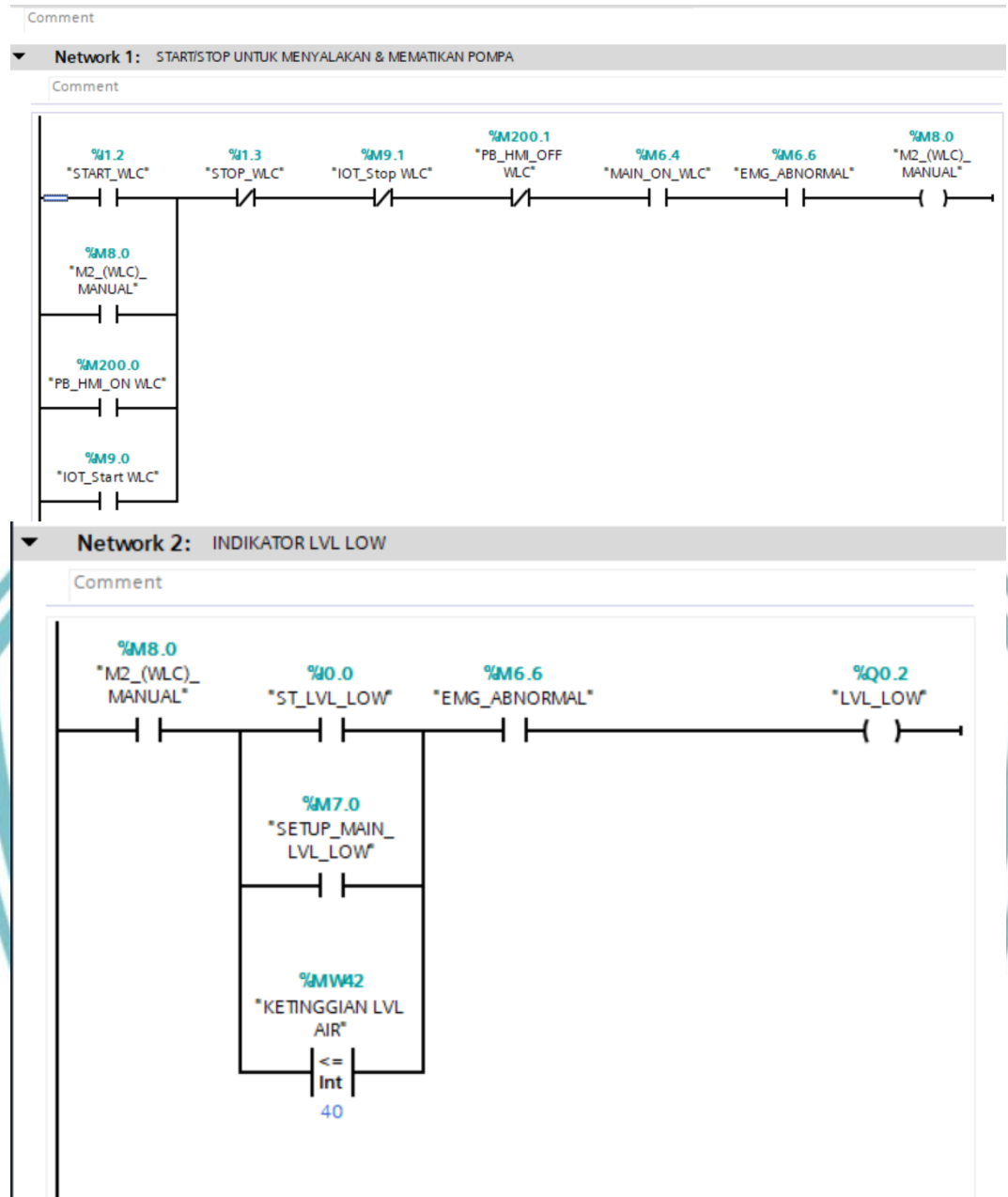
**Hak Cipta :**

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



### Hak Cipta :

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

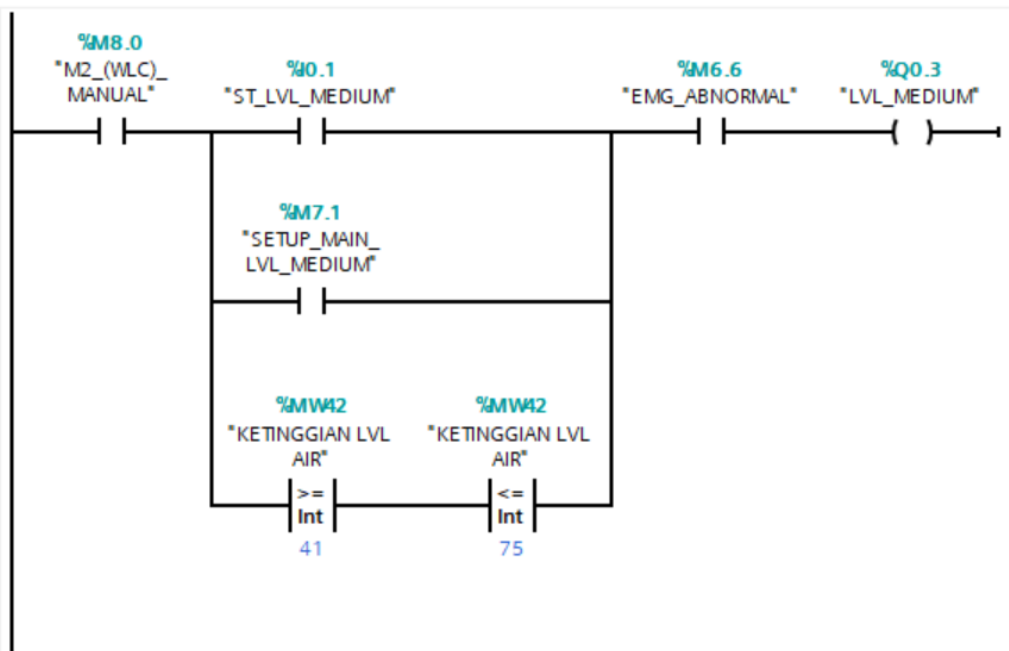


**Hak Cipta :**

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

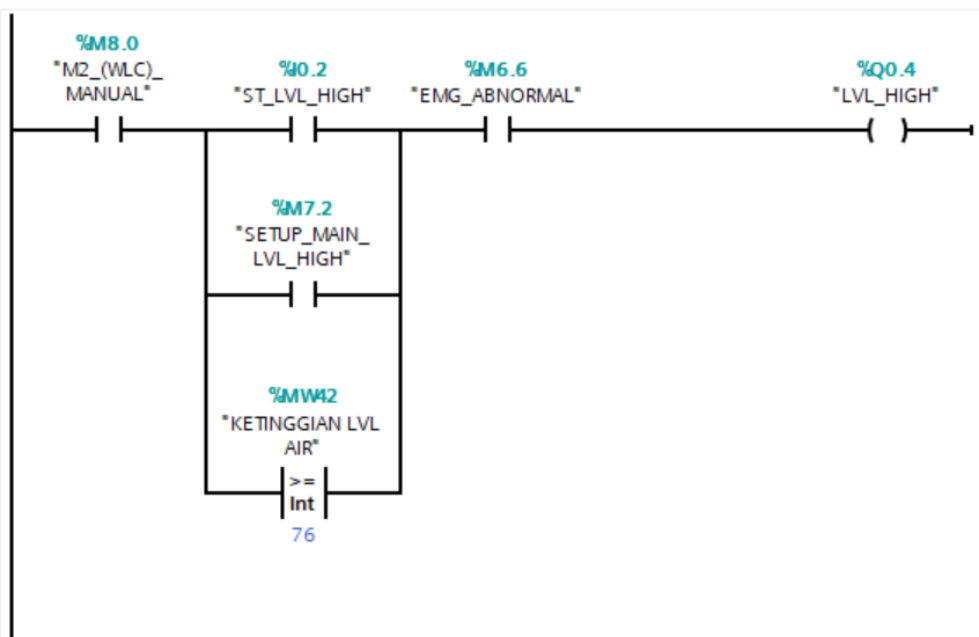
**Network 3: INDIKATOR LVL MEDIUM**

Comment



**Network 4: INDIKATOR LVL HIGH**

Comment

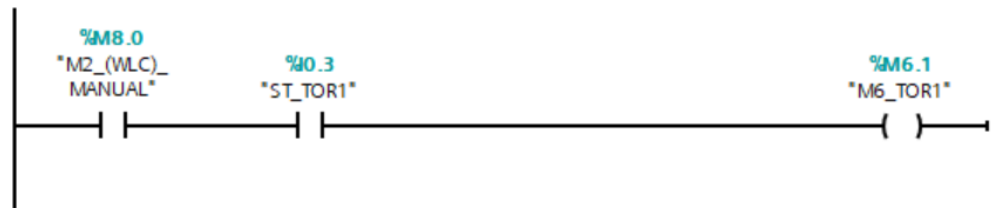


### Hak Cipta :

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

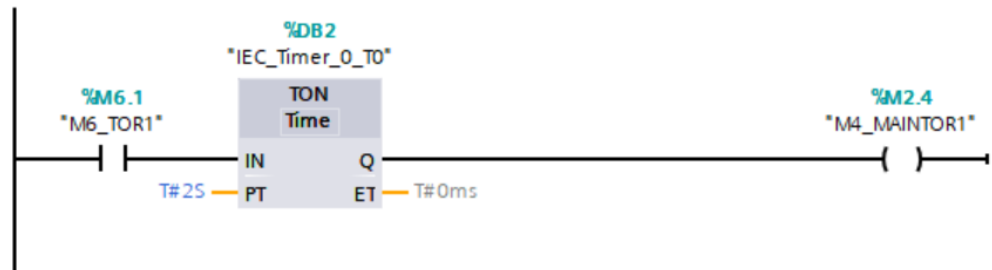
#### Network 5: GANGGUAN TOR 1

Comment



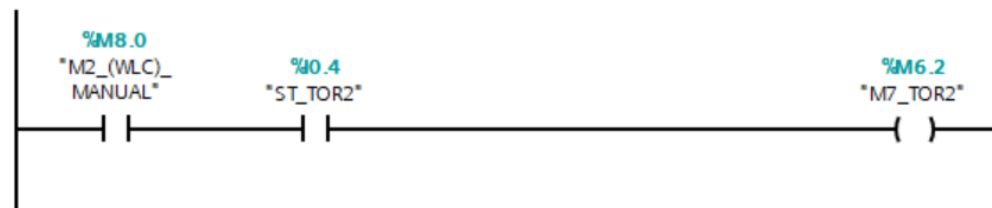
#### Network 6: MAIN GANGGUAN TOR 1

Comment



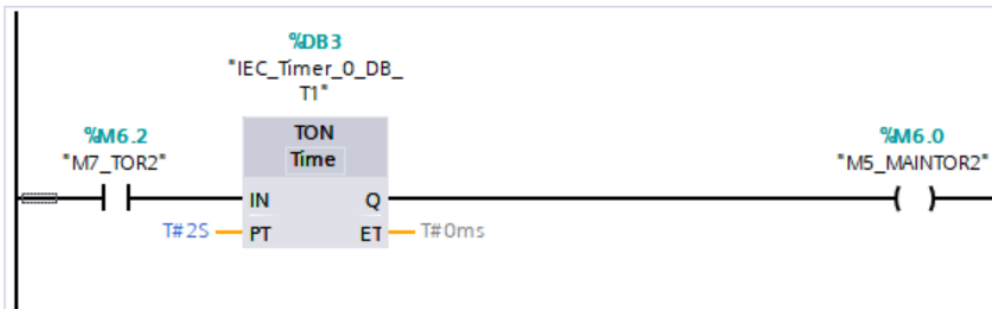
#### Network 7: GANGGUAN TOR 2

Comment



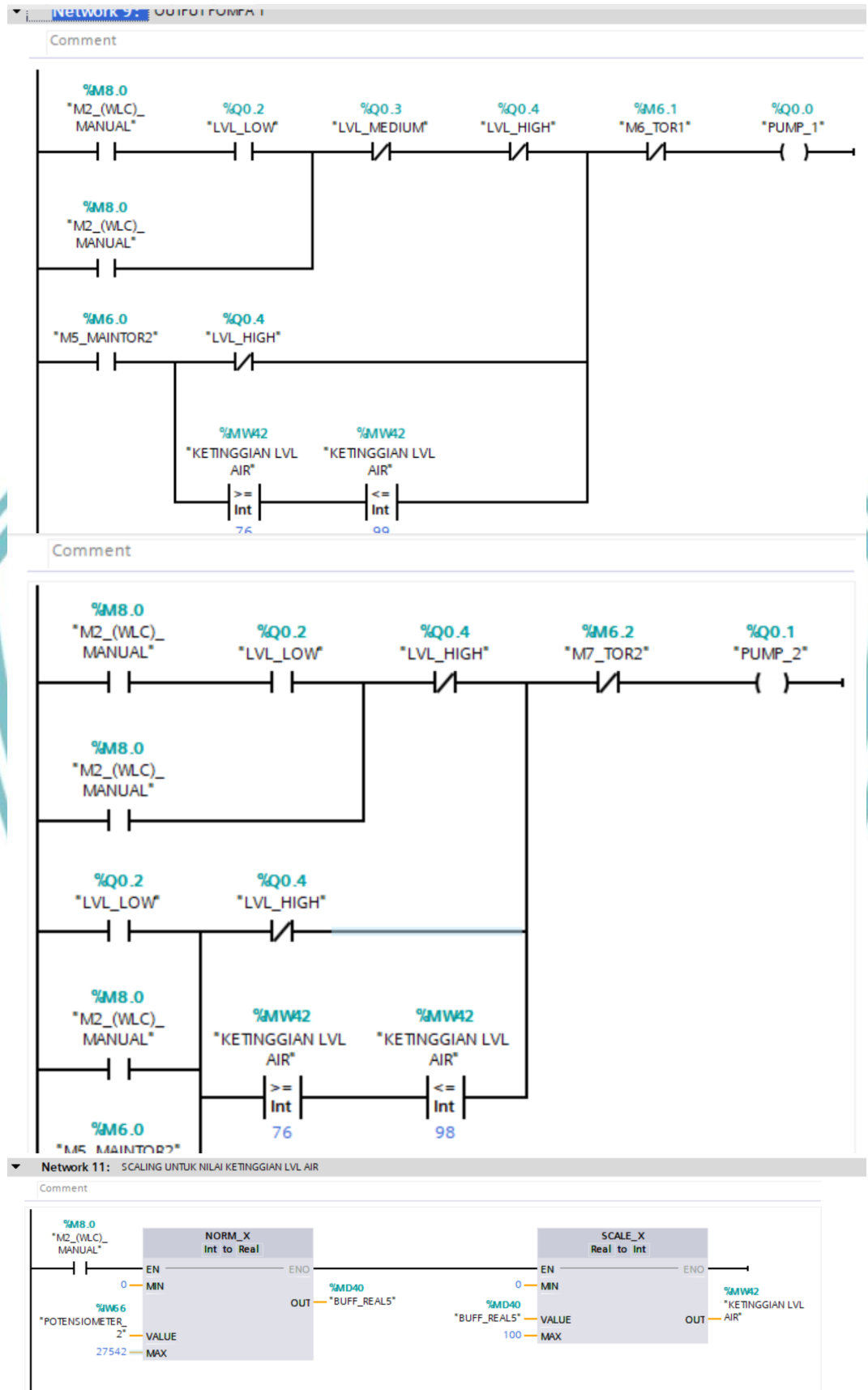
#### Network 8: MAIN GANGGUAN TOR 2

Comment



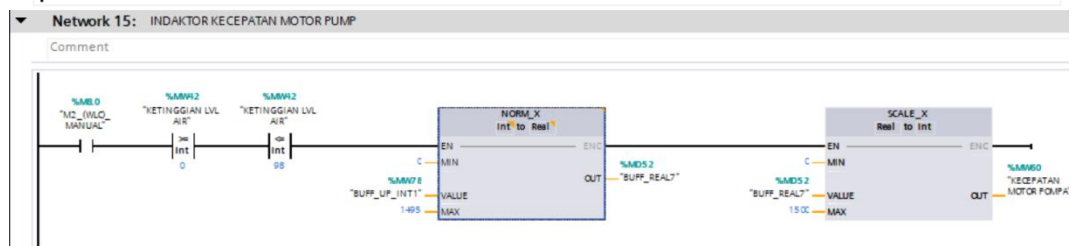
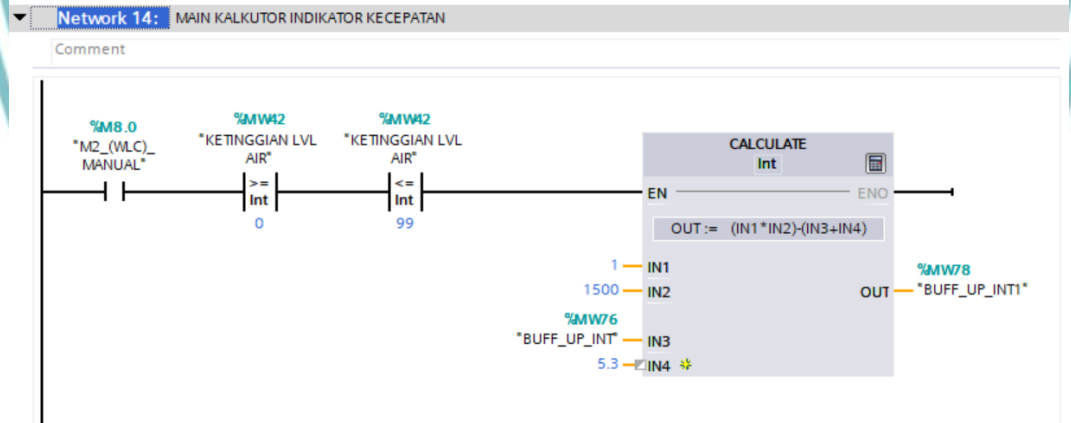
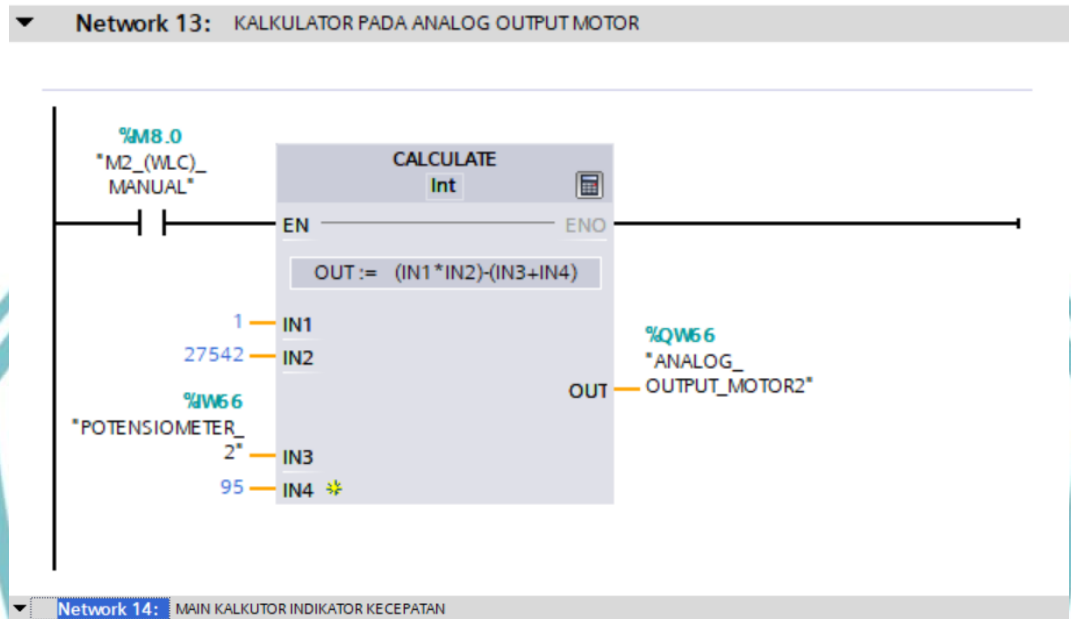
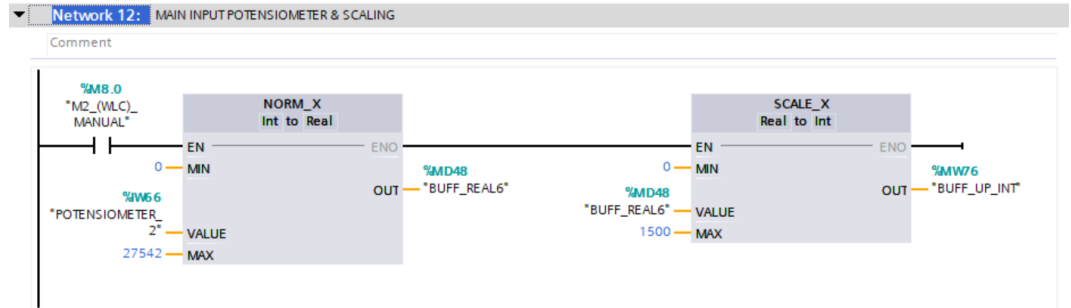
### Hak Cipta :

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 kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



### Hak Cipta :

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 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 8 Dokumentasi

### 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

