



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



IMPLEMENTASI KONTROL HISTERISIS PADA SISTEM PENGERING BIJI KOPI BERBASIS PLC DAN GATEWAY IOT

SKRIPSI

MUHAMMAD ZULFA RIZKI MUTAWADI

2203411019

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



IMPLEMENTASI KONTROL HISTERISIS PADA SISTEM PENGERING BIJI KOPI BERBASIS PLC DAN GATEWAY IOT

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Terapan**

MUHAMMAD ZULFA RIZKI MUTAWADI
2203411019

TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2026



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Zulfa Rizki Mutawadi
NIM : 2203411019
:

Tanda Tangan

Tanggal

:

17 Juli 2026





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh
Nama
NIM
Program Studi
Judul Tugas Akhir

Muhammad Zulfa Rizki Mutawadi
2203411019
Teknik Otomasi Listrik Industri
Implementasi Kontrol Histensis
pada Sistem Kontrol Mesin
Pengering Biji Kopi

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada
Selasa, 30 Juni 2026 dan dinyatakan LULUS

Pembimbing I

Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D.

(NIP. 197007122001121001))

Pembimbing II

Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T.

(NIP. 199107132020122013)

Depok 15 Juli 2026

Disahkan oleh
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Dr. Muris Dwiyaniti, S.T., M.T.
(NIP. 197803312003122002)

**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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Implementasi Kontrol Histerisis pada Sistem Pengering Biji Kopi Berbasis PLC dan Gateway IoT” ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta. Selama proses penelitian dan penulisan, penulis banyak mendapatkan bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Nana Sutarna, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Ibu Arum Kusuma Wardhany, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar memberikan koreksi, saran konstruktif, dan motivasi kepada penulis dari awal hingga selesainya skripsi ini.
3. Ibu Dr. Murie Dwiyantri, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta atas segala dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama masa studi penulis.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Teknik Otomasi Listrik Industri yang telah mendidik dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan serta keterampilan teknis selama menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta.
5. Kedua orang tua dan seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan semangat yang tak ternilai sehingga penulis dapat bertahan dan menyelesaikan studi ini dengan baik.
6. Raisyah Fauziah, yang selalu hadir memberikan semangat, perhatian, dan dukungan di setiap saat. Dukungan nya menjadi salah satu kekuatan terbesar penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.



© 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

7. Sakral Putra Leriensyah dan Nurmalida Azzahra selaku rekan satu tim dalam perancangan dan pembuatan mesin pengering biji kopi ini. Kerja sama, dedikasi, dan semangat kalian menjadi fondasi utama terwujudnya sistem ini.
8. Adam Rizky Muharam dan Nurhidayat Nugraha, kakak tingkat yang telah banyak berbagi ilmu, pengalaman, dan dukungan selama proses pengerjaan skripsi. Arahan dan masukan kalian sangat berarti bagi perkembangan penelitian ini.
9. Seluruh rekan-rekan mahasiswa Teknik Otomasi Listrik Industri angkatan 2022 atas kebersamaan, bantuan, dan semangat yang selalu diberikan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.





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

Proses pengeringan biji kopi merupakan tahap pascapanen kritis, di mana kadar air yang tidak terkendali dapat menurunkan kualitas produk dan memicu pertumbuhan jamur. Penelitian ini merancang sistem kendali otomatis mesin pengering biji kopi berbasis PLC Omron CP1E dengan algoritma kontrol histerisis suhu dan kelembapan, yang terintegrasi dengan *gateway* IoT ESP32 untuk pemantauan jarak jauh. Sistem ini menggunakan sensor Thermocouple MAX6675 (suhu) dan SHT31 (kelembapan) di dalam *box dryer*. Algoritma histerisis diimplementasikan pada *ladder diagram* dengan dua batas *set point* pemanas (*SP_High* dan *SP_Low*) serta satu batas *SP_RH* untuk aktuasi *solenoid valve* ventilasi. Aktuator diamankan oleh sistem *interlock* melalui *limit switch* dan *pressure switch*, sementara modul PZEM-004T memantau konsumsi energi secara *real-time*. Komunikasi antara PLC dan ESP32 menggunakan protokol Modbus RTU (RS-485) dengan 18 *holding register*, dan data dikirim ke *dashboard* Node-RED melalui protokol MQTT via Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan kontrol histerisis suhu bekerja konsisten pada seluruh variasi *dead band* (1–10°C) dengan *undershoot* 0,5–0,9°C (kategori “Baik”). Sistem ventilasi otomatis mencapai akurasi *switching* 100%. Sensor MAX6675 memiliki deviasi sistematis rata-rata $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ yang dapat dikompensasi. Komunikasi Modbus RTU mencapai akurasi kesesuaian data 100% dengan *response time* 136,6 ms. Sistem *dual-control* (HMI lokal dan Node-RED) terbukti beroperasi dengan baik, memungkinkan operator memantau dan mengatur parameter secara presisi. Secara keseluruhan, integrasi ini berhasil meningkatkan keandalan proses pengeringan.

Kata kunci: ESP32, IoT, kontrol histerisis, mesin pengering biji kopi, Modbus RTU, MQTT, Node-RED, RS-485, PLC Omron CP1E. (*Total: 226 kata*)



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

ABSTRACT

The coffee bean drying process is a critical post-harvest stage; uncontrolled moisture content can degrade product quality and trigger fungal growth. This study designs an automatic control system for a coffee bean drying machine based on the Omron CP1E PLC with temperature and humidity hysteresis control algorithms, integrated with an ESP32 IoT gateway for remote monitoring. The system utilizes a MAX6675 thermocouple for temperature and an SHT31 sensor for humidity inside the box dryer. The hysteresis algorithm is implemented in a ladder diagram with two heater set points (SP_High and SP_Low) and one SP_RH limit for actuating the ventilation solenoid valve. Actuators are secured by interlocks via limit switches and pressure switches, while a PZEM-004T module monitors real-time energy consumption. PLC and ESP32 communication employs the Modbus RTU protocol (RS-485) utilizing 18 holding registers, and data is transmitted to a Node-RED dashboard via MQTT over Wi-Fi. Test results indicate that the temperature hysteresis control operates consistently across all dead band variations (1–10°C) with an undershoot of 0.5–0.9°C (categorized as "Good"). The automatic ventilation system achieved 100% switching accuracy. The MAX6675 sensor exhibited a compensable average systematic deviation of $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$. Modbus RTU communication reached 100% data accuracy with an average response time of 136.6 ms. The dual-control system (local HMI and Node-RED) functions seamlessly, allowing operators to monitor and adjust parameters precisely. Overall, this integration successfully enhances the reliability of the drying process.

Keywords: coffee bean drying machine, ESP32, hysteresis control, IoT, Modbus RTU, MQTT, Node-RED, Omron CP1E PLC, RS-485.



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Luaran	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Programmable Logic Controller (PLC)	7
2.2.1 PLC Omron CP1E	7
2.2.2 Bagian-bagian PLC	8
2.3 Kontrol Histerisis (Hysteresis Control)	8
2.4 Protokol Komunikasi	9
2.4.1 Modbus RTU via RS-485	9
2.4.2 Protokol MQTT	11
2.5 Mikrokontroler ESP32 sebagai Gateway IoT	11
2.6 Sensor dan Instrumentasi	12
2.6.1 Sensor Suhu Thermocouple MAX6675	12
2.6.2 Sensor Kelembapan dan Suhu SHT31	13
2.7 HMI (Human Machine Interface)	13
2.8 Sistem Pneumatik	14
2.8.1 Solenoid Valve	14
2.8.2 Pressure Switch (SMC ZSE4B)	14
2.9 Node-RED sebagai Dashboard IoT	14
2.10 Sistem Keselamatan (Safety System)	15



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

2.11 Pemodelan Matematis Sistem Termal (Sistem Orde Satu).....	16
2.12 Evaluasi Akurasi dan Error Pengukuran Sensor.....	17
2.12.1 Error Absolut (<i>Absolute Error</i>)	17
2.12.2 Persentase Error (<i>Percentage Error</i>).....	18
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	19
3.1 Rancangan Alat	19
3.1.1 Deskripsi Alat.....	20
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	21
3.1.3 Spesifikasi Alat	22
3.1.4 Diagram Blok	23
3.1.5 Diagram Alir Sistem.....	25
3.1.6 Diagram Alir IoT.....	28
3.1.7 Desain Sistem	29
3.1.8 Desain Perancangan	29
3.1.9 Diagram Pengawatan.....	31
3.2 Realisasi Alat	34
3.2.1 Konfigurasi PLC Omron CP1E	34
3.2.2 Konfigurasi ESP32 sebagai Gateway IoT	37
BAB IV PEMBAHASAN	44
4.1 Pengujian Kontrol Histerisis Suhu	44
4.1.1 Deskripsi Pengujian.....	44
4.1.2 Prosedur Pengujian.....	44
4.6 Analisis Komparatif Kontrol Histerisis dan PID melalui Simulasi	57
4.6.1 Pemodelan Matematis <i>Plant</i> (Ruang Pengeri).....	58
4.6.2 Penentuan Parameter Kendali PID (<i>Manual Tuning</i>).....	59
4.6.3 Hasil Simulasi dan Analisis.....	60
4.6.3 Kesimpulan Validasi	62
4.7 Analisis Akurasi Sensor dan Error Pengukuran	63
4.7.1 Perhitungan Error Absolut dan Persentase Error.....	63
BAB V PENUTUP.....	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran.....	66
Daftar Riwayat Hidup	71
LAMPIRAN	72



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 3.1 Diagram Blok	24
Gambar 3.2 Flowchart Auto 1.....	25
Gambar 3.3 Flowchart Auto 2.....	26
Gambar 3.4 Flowchart Auto 2.....	26
Gambar 3.5 Flowchart Manual.....	27
Gambar 3.6 Diagram Alir IoT.....	28
Gambar 3.7 Topologi Jaringan.....	29
Gambar 3.8 Gambar General Aggrement 1.....	30
Gambar 3.9 Gambar General Aggrement 2.....	31
Gambar 3.10 Schematic 1	32
Gambar 3.11 Schematic 2	32
Gambar 3.12 Schematic 3	33
Gambar 3.13 Schematic 4	33
Gambar 3.14 Program PLC Algoritma Kontrol Histerisis Suhu	35
Gambar 3.15 Inisialisasi Komunikasi Serial	37
Gambar 3.16 Siklus Program Utama dan Manajemen Koneksi Jaringan Secara Non-Blocking	39
Gambar 3.17 Fungsi Callback untuk Penerimaan Perintah Kendali dan Sinkronisasi Set Point.....	39
Gambar 3.18 Pemformatan Data Sensor dan Publikasi Payload JSON melalui Protokol MQTT...42	
Gambar 4.1 Perbandingan Suhu Puncak Overshoot per Percobaan (Pneumatik Tidak Aktif vs Sistem Aktif)	50
Gambar 4.2 Perbandingan Waktu Pendinginan per Percobaan (Pneumatik Tidak Aktif vs Sistem Aktif)	50
Gambar 4.3 Perbandingan Rata-rata Suhu Puncak Overshoot dan Waktu Pendinginan (Pneumatik Tidak Aktif vs Sistem Aktif).....	51
Gambar 4.4 Blok Diagram Simulasi Komparasi Kontrol Histerisis dan PID pada Simulink	58
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Respons Suhu (Kuning: Histerisis, Biru: PID).....	61
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Sinyal Kendali Aktuator (Kuning: Histerisis, Biru: PID).....	62

**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 Omron CP1E	7
Tabel 2. 2 Karakteristik Kontrol Histerisis vs Kontrol PID	9
Tabel 2. 3 Spesifikasi ESP32	12
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen.....	22
Tabel 3. 2 Mapping I/O PLC Omron CP1E	34
Tabel 4. 1 Data Pengujian Kontrol Histerisis Suhu.....	45
Tabel 4. 2 Data Pengujian Pengaruh Variasi Beban terhadap Waktu Pemanasan dan Frekuensi Switching	45
Tabel 4. 3 Data Pengujian Sistem Ventilasi Otomatis.....	48
Tabel 4. 4 Data Kalibrasi Sensor Thermocouple MAX6675 saat Heater ON (SP Bawah = 59°C).51	
Tabel 4. 5 Data Kalibrasi Sensor Thermocouple MAX6675 saat Heater OFF (SP Atas = 60°C)...52	
Tabel 4. 6 Pengujian Akurasi Kesesuaian Data Register ESP32 – PLC	55
Tabel 4. 7 Pengujian Response Time Komunikasi Modbus RTU.....	55

**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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Foto Alat	72
Lampiran 2 Pengujian Alat	72
Lampiran 3 Pengujian Alat	72
Lampiran 4 Pengujian Alat	72
Lampiran 5 Pengujian Node-red	73
Lampiran 6 Pengujian HMI.....	73
Lampiran 8 Program ESP32.....	74
Lampiran 7 Pengujian Susut Masa	74
Lampiran 9 Program ESP32.....	75
Lampiran 10 Program ESP32.....	75
Lampiran 11 Program ESP32.....	76
Lampiran 12 Program ESP32.....	76
Lampiran 13 Program ESP32.....	77
Lampiran 14 Program ESP32.....	77
Lampiran 16 Program PLC	78
Lampiran 15 Program PLC	78
Lampiran 17 Program PLC	79
Lampiran 18 Program PLC	79
Lampiran 19 Program PLC	80
Lampiran 20 Program PLC	80
Lampiran 22 Program PLC	81
Lampiran 21 Program PLC	81
Lampiran 23 Program PLC	82
Lampiran 24 Program PLC	82
Lampiran 25 Program PLC	83
Lampiran 26 Program PLC	83
Lampiran 27 Program PLC	84
Lampiran 28 Program PLC	84
Lampiran 30 Program PLC	85
Lampiran 29 Program PLC	85
Lampiran 31 Program PLC	86
Lampiran 32 Program PLC	86
Lampiran 33 Program PLC	87
Lampiran 34 Program PLC	87
Lampiran 36 Program PLC	88
Lampiran 35 Program PLC	88
Lampiran 37 Program PLC	89
Lampiran 38 Program PLC	89
Lampiran 39 Program PLC	90
Lampiran 40 Program PLC	90
Lampiran 42 Program PLC	91
Lampiran 41 Program PLC	91
Lampiran 44 Program PLC	92
Lampiran 43 Program PLC	92



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 RUMUS

(2.1).....	16
(2.2).....	16
(2.3).....	17
(2.4).....	18





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

Pada era industri modern, efisiensi proses produksi menjadi faktor penentu daya saing suatu perusahaan. Salah satu komoditas yang membutuhkan penanganan pascapanen yang cermat dan terukur adalah biji kopi. Proses pengeringan biji kopi merupakan tahap kritis yang menentukan kualitas akhir produk, karena kadar air yang tidak terkontrol dapat memicu pertumbuhan jamur, penurunan cita rasa, hingga kerugian ekonomis bagi produsen (Tyrovolas & Hajnal, 2021)

Sistem pengeringan konvensional umumnya masih mengandalkan pemantauan manual oleh operator, yang rentan terhadap kesalahan manusia (human error), inkonsistensi kontrol suhu, dan ketidakefisienan energi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem otomatisasi yang mampu menjaga suhu pengeringan secara presisi dan berkelanjutan. Programmable Logic Controller (PLC) telah terbukti menjadi solusi andal dalam berbagai aplikasi kendali industri berkat kemampuannya menjalankan logika kontrol yang kompleks secara real-time dalam lingkungan yang keras (Koondhar et al., 2023)

Kontrol histeresis (hysteresis control) merupakan salah satu metode kontrol on-off yang sederhana namun efektif untuk menjaga suatu parameter dalam rentang yang telah ditetapkan. Berbeda dengan kontrol PID yang memerlukan tuning parameter secara cermat, kontrol histeresis bekerja dengan menyalakan aktuator (heater) saat suhu turun di bawah batas bawah (set point bawah) dan mematikannya saat suhu mencapai batas atas (set point atas). Pendekatan ini sangat sesuai untuk sistem pengeringan biji kopi yang tidak menuntut presisi tingkat tinggi namun membutuhkan keandalan dan kesederhanaan implementasi (Sutrisno et al., 2023)

Selain kendali suhu, sistem modern juga dituntut untuk mampu memantau kelembapan (Relative Humidity/RH) di dalam ruang pengering karena kelembapan yang berlebih akan menghambat proses pengeringan dan meningkatkan risiko kontaminasi. Integrasi sensor kelembapan SHT31 dan aktuator pneumatik berupa silinder pneumatik yang dikendalikan solenoid valve memungkinkan ventilasi otomatis bekerja ketika nilai RH melampaui ambang batas yang ditentukan operator. Sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme interlock menggunakan



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

limit switch pada pintu box dan pressure switch sebagai safety pneumatik, sehingga keselamatan operasional terjamin secara berlapis (Ananda et al., 2023)

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang bagi sistem kendali industri untuk beroperasi secara terhubung dan dapat dipantau dari jarak jauh. Dalam sistem ini, mikrokontroler ESP32 berperan sebagai gateway IoT yang mengkonversi data dari PLC melalui protokol Modbus RTU via RS485 menjadi paket JSON yang dikirimkan melalui protokol MQTT. Integrasi ini memungkinkan operator memantau dan mengendalikan mesin baik melalui HMI fisik di panel lokal maupun melalui dashboard Node-RED berbasis web secara simultan, sehingga terwujud sistem kendali ganda (dual-control) yang fleksibel dan andal (Tosin, 2021)

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan modul pemantauan konsumsi energi listrik menggunakan PZEM-004T yang mampu mengukur tegangan, arus, daya, dan kWh secara real-time, sehingga efisiensi energi mesin dapat dianalisis dan dioptimalkan. Countdown timer yang terintegrasi dalam logika PLC memastikan siklus pengeringan berjalan sesuai durasi yang telah ditetapkan tanpa memerlukan intervensi manual, serta memicu sekuens penyelesaian otomatis termasuk aktivasi buzzer dan pemutusan arus aktuator secara aman (Seong et al., 2023).

Penelitian ini hadir sebagai solusi terhadap keterbatasan sistem pengeringan biji kopi yang ada, dengan menghadirkan mesin pengering otomatis berbasis PLC Omron yang terintegrasi dengan IoT melalui ESP32. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada perancangan dan implementasi algoritma kontrol histeresis suhu dua batas (dual-threshold hysteresis) yang dijalankan pada PLC, sinkronisasi set point dua arah antara HMI dan Node-RED, serta mekanisme fail-safe berlapis yang menjamin keselamatan operasional mesin dalam kondisi darurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan algoritma kontrol histeresis suhu pada PLC Omron agar suhu di dalam box dryer mesin



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

pengering biji kopi dapat dijaga secara stabil dalam rentang set point yang ditentukan operator?

2. Bagaimana mengintegrasikan sistem kendali PLC dengan gateway IoT berbasis ESP32 menggunakan protokol Modbus RTU dan MQTT sehingga operator dapat memantau dan mengendalikan mesin secara lokal melalui HMI maupun secara jarak jauh melalui dashboard Node-RED?
3. Bagaimana mengevaluasi kinerja sistem kendali histerisis suhu berdasarkan parameter akurasi kontrol, waktu respons, dan stabilitas sistem dalam kondisi operasional nyata?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan algoritma kontrol histerisis suhu dua batas (dual-threshold hysteresis control) pada PLC Omron CP1E yang terintegrasi dengan sensor Thermocouple MAX6675 dan heater sebagai aktuator utama pada mesin pengering biji kopi.
2. Mengintegrasikan sistem kendali PLC dengan mikrokontroler ESP32 sebagai gateway IoT menggunakan protokol Modbus RTU via RS485 dan MQTT melalui broker publicgrootech.id.
3. Mengevaluasi kinerja algoritma kontrol histerisis suhu meliputi akurasi terhadap set point, deviasi suhu, frekuensi switching heater, dan ventilasi otomatis berbasis kontrol histerisis kelembapan.

1.4 Luaran

Penulisan skripsi ini memiliki luaran sebagai berikut:

1. Mesin pengering biji kopi otomatis berbasis PLC Omron dengan kontrol histerisis suhu terintegrasi IoT melalui ESP32.
2. Perangkat lunak sistem otomasi berupa *program ladder diagram* pada PLC Omron untuk pengendalian suhu histerisis mesin pengering biji kopi..



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. Artikel ilmiah yang telah dipresentasikan pada Seminar Nasional Teknik Elektro (SNTE) mengenai kontrol histerisis suhu pada prototipe mesin pengering buah menggunakan PLC.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus, batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. PLC yang digunakan adalah PLC Omron seri CP1E dengan pemrograman menggunakan perangkat lunak CX-Programmer.
2. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan evaluasi bagian kontrol sistem (*control system*), yang mencakup algoritma histerisis suhu, logika mode *auto/manual*, dan sekuens *safety fail-safe*.
3. Pengujian sistem kendali dilakukan menggunakan sampel biji kopi aktual, namun evaluasi penelitian dibatasi secara teknis pada kinerja parameter kontrol mesin (stabilitas suhu, kelembapan, dan konsumsi energi listrik), tanpa melakukan analisis kualitas fisik, biokimia, maupun uji organoleptik (cita rasa/aroma) pada biji kopi pascapengeringan.
4. Komunikasi data PLC-ESP32 menggunakan protokol Modbus RTU via RS485 dengan 18 register memori yang telah dialokasikan dalam sistem.
5. Mikrokontroler ESP32 hanya difungsikan sebatas *gateway* (jembatan komunikasi) untuk mengirim dan menerima paket data melalui protokol MQTT (broker *publicgrootech.id*), tanpa membahas aspek keamanan siber (*cyber security*) jaringan.

Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem kendali mesin pengering biji kopi berbasis PLC Omron CP1E dengan integrasi IoT melalui ESP32 yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem kontrol histerisis suhu yang diimplementasikan pada PLC Omron CP1E berhasil bekerja sesuai rancangan. Pengujian dengan variasi dead band SP_Low dari 59°C hingga 50°C menunjukkan bahwa seluruh skenario dikategorikan “Baik”, dengan undershoot konsisten pada rentang 0,5–0,9°C dan frekuensi switching heater yang menurun dari 3 kali/jam pada dead band 1°C menjadi 1 kali/jam pada dead band 10°C. Pola ini sesuai dengan prinsip dasar kontrol histerisis dan memvalidasi keandalan algoritma kontrol yang diprogram dalam ladder diagram CX-Programmer.
2. Sistem ventilasi otomatis berbasis aktuator pneumatik yang dikendalikan PLC Omron CP1E terbukti efektif dalam meredam overshoot suhu dan mempercepat waktu pendinginan. Pengujian perbandingan antara kondisi pneumatik tidak aktif dan sistem aktif menunjukkan penurunan rata-rata suhu puncak overshoot dari 68,60°C menjadi 60,69°C (reduksi 7,91°C atau 11,5%), serta percepatan waktu pendinginan dari rata-rata 8,55 menit menjadi 3,01 menit (lebih cepat 64,8%). Konsistensi variasi antar siklus yang lebih kecil pada kondisi sistem aktif juga memvalidasi keandalan algoritma kontrol histerisis pneumatik yang diprogram dalam ladder diagram CX-Programmer.
3. Sensor thermocouple MAX6675 menunjukkan deviasi sistematis rata-rata $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ pada kondisi heater ON dan $\pm 0,36^{\circ}\text{C}$ pada kondisi heater OFF terhadap alat kalibrator, mengindikasikan bias kalibrasi yang konsisten dan tidak dipengaruhi oleh noise elektrik akibat operasi pemanas. Deviasi ini dapat dikompensasi melalui offset koreksi pada firmware apabila diperlukan akurasi yang lebih ketat.



Hak Cipta :

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

4. Komunikasi Modbus RTU antara PLC Omron CP1E sebagai master dan ESP32 sebagai slave melalui antarmuka RS-485 berhasil berjalan dengan akurasi kesesuaian data register sebesar 100% untuk seluruh sepuluh parameter yang diuji, meliputi data suhu, kelembapan, parameter energi PZEM, dan nilai set point dari Node-RED. Response time rata-rata terukur sekitar 136,6 ms, jauh di bawah interval polling 3 detik, sehingga komunikasi tidak menjadi bottleneck pada kinerja sistem.
5. Pengaruh variasi beban terhadap kinerja pemanasan menunjukkan bahwa waktu mencapai SP_High meningkat secara konsisten dari 15,0 menit (tanpa beban) hingga 25,5 menit (beban 100 gram), sementara frekuensi switching heater tetap stabil pada kisaran 2–4 kali/jam di seluruh variasi beban. Hal ini memvalidasi ketahanan (robustness) algoritma kontrol terhadap perubahan kondisi operasional mesin pengering.
6. Dashboard Node-RED sebagai antarmuka monitoring jarak jauh berhasil menampilkan data sensor secara real-time melalui protokol MQTT dan memungkinkan perubahan set point secara remote, yang tersinkronisasi ke memori PLC melalui mekanisme penulisan register FC06 via ESP32 gateway, sehingga sistem memenuhi kebutuhan dual-control lokal dan jarak jauh secara terintegrasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan keterbatasan yang ditemukan selama proses pengerjaan, beberapa saran dapat disampaikan untuk pengembangan sistem ini lebih lanjut:

1. Pengujian keandalan komunikasi Modbus RTU perlu diperluas dengan jumlah sampel yang lebih besar (minimal 100 siklus polling) untuk memperoleh estimasi tingkat kegagalan yang lebih representatif, mengingat satu kejadian timeout pada sampel 10 data menghasilkan tingkat kegagalan 10% yang belum dapat digeneralisasikan secara statistik.
2. Penambahan modul closed-loop berbasis PID atau kontrol adaptif dapat dipertimbangkan sebagai pengganti kontrol histerisis apabila diperlukan kestabilan suhu yang lebih presisi dengan overshoot yang lebih kecil,



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

- terutama untuk aplikasi pengeringan biji kopi spesialti yang membutuhkan profil suhu lebih ketat.
3. Implementasi penyimpanan data historis (data logging) pada sisi Node-RED atau basis data lokal (misalnya InfluxDB) disarankan untuk memungkinkan analisis tren jangka panjang terhadap konsumsi energi, profil suhu, dan kinerja pengeringan, sehingga sistem dapat dioptimalkan berdasarkan data operasional nyata.
 4. Meskipun sistem ventilasi otomatis telah terbukti mereduksi overshoot sebesar 11,5% dan mempersingkat waktu pendinginan hingga 64,8%, optimasi lebih lanjut pada parameter histerisis dan kapasitas aktuator pneumatik dapat dipertimbangkan untuk menekan overshoot mendekati nol, terutama bagi aplikasi pengeringan biji kopi spesialti yang membutuhkan profil suhu lebih ketat. Selain itu, pengujian interlock safety secara kuantitatif (waktu respons cut-off dan skenario simulasi kondisi fault) perlu dilengkapi dengan data terstruktur pada penelitian lanjutan untuk memberikan validasi formal yang lebih menyeluruh terhadap aspek keselamatan sistem pneumatik.
 5. Penerapan enkripsi komunikasi MQTT (misalnya TLS/SSL) dan autentikasi broker disarankan sebelum sistem digunakan pada jaringan publik, mengingat saat ini komunikasi data berlangsung tanpa lapisan keamanan tambahan yang dapat rentan terhadap akses tidak sah pada lingkungan produksi nyata.
 6. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan sistem ini menjadi platform multi-node dengan beberapa unit mesin pengering yang terhubung ke satu PLC master atau SCADA terpusat, sehingga kapasitas produksi dapat ditingkatkan dengan tetap memanfaatkan infrastruktur IoT yang telah dirancang.



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

- Ananda, A. S. P., 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>
- Chan, B. (2023). Study on Communication Protocols Modbus and CAN Bus.
- Ghafar, A. (2022). Komunikasi Modbus HMI pada Sistem Pengolahan Kapur. *Jurnal Teknik Elektro*, 9, 356–363.
- Hamdani, Idris, A. R., & Sofyan. (2020). Pengontrolan I/O via Komunikasi Modbus Master dan Modbus Slave PLC TM221 berbasis SCADA. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat*, 79–84.
- In, D. A. (2022). *Pengenalan Dasar PLC (Programmable Logic Controllers)*. ResearchGate.
- Ionescu, D., Filipescu, A., Simion, G., Mincă, E., Cernega, D., Şolea, R., & Filipescu, A. (2022). Communication and Control of an Assembly, Disassembly and Repair Flexible Manufacturing Technology on a Mechatronics Line Assisted by an Autonomous Robotic System. *Inventions*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/inventions7020043>
- Joshi, B. (2024). A Study of the Various Communication Protocols Used in PLC Systems: Modbus, Profibus, EthernetIP and their Implementations. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 04, 3535–3542. <https://doi.org/10.56726/irjmets52882>
- Koondhar, M. A., Kaloi, G. S., Junejo, A. K., Soomro, A. H., Chandio, S., & Ali, M. (2023). The Role of PLC in Automation, Industry and Education Purpose: A Review. *Pakistan Journal of Engineering, Technology & Science*, 11(2), 22–31. <https://doi.org/10.22555/pjets.v11i1.975>
- Nikolajew, C., & Eichelberger, H. (2024). Industry 4.0 Connectors: A Performance Experiment with Modbus/TCP. <http://arxiv.org/abs/2410.15813>



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

- Prasta Mahrifatika, & Ilham Akbar Darmawan. (2022). Perbandingan Konsumsi Energi Motor Induksi 3 Fasa antara Kontaktor dan Variable Speed Drive pada Mesin Circular Loom. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(2), 35–46. <https://doi.org/10.58169/saintek.v1i2.75>
- Rizki Faulianur, Mhd Ridho Pratama, & Mahmud. (2024). Simulasi Konveyor Penghitung Barang Berbasis PLC-HMI sebagai Media Pembelajaran. *J-Innovation*, 12(2), 55–62. <https://doi.org/10.55600/jipa.v12i2.219>
- Rybczak, M., Pakulski, M., & Szweda, M. (2024). Approach to Sorting Line Control using PLC and Factory I/O. 3075(10), 1–6. <https://doi.org/10.35940/ijitee.I9941.13100924>
- Seong, J. Y., Ranjan, R., Kye, J., Lee, S., & Lee, S. (2023). Enhancing Industrial Communication with Ethernet/Internet Protocol. *Sensors*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/s23208580>
- Somantri, M., Arfan, M., & Siregar, O. S. (2022). Adaptasi Human Machine Interface (HMI) dalam Monitoring dan Kendali Kualitas Air pada Tambak Udang. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 12(2), 73–80. <https://doi.org/10.21456/vol12iss2pp73-80>
- Sulthony, M. B., Dwiyanti, M., & Muhammad, N. (2024). Implementasi Pemrograman PLC dan HMI Terintegrasi Factory IO pada Sistem Automated Storage Warehouse. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, 10.
- Sutrisno, I., Nurhidta, I. A. D., Munadhif, I., Hidayat, E. P., Endrasmono, J., Priyonggo, P., & Hartanto, T. M. B. (2023). The Integration of SCADA on the Crushing and Barge Loading Conveyor Systems. *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 8(1). <https://doi.org/10.12962/j25481479.v8i1.15472>
- Tapia, E., Sastoque-Pinilla, L., Lopez-Novoa, U., Bediaga, I., & López de Lacalle, N. (2023). Assessing Industrial Communication Protocols to Bridge the Gap between Machine Tools and Software Monitoring. *Sensors*, 23(12). <https://doi.org/10.3390/s23125694>



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

- Tosin, T. (2021). Perancangan dan Implementasi Komunikasi RS-485 Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP pada Sistem Pick-By-Light. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 10(1), 85–91. <https://doi.org/10.34010/komputika.v10i1.3557>
- Tyrovolas, M., & Hajnal, T. (2021). Inter-communication between Programmable Logic Controllers using IoT Technologies: A Modbus RTU/MQTT Approach. <http://arxiv.org/abs/2102.05988>
- Vadi, S., Bayindir, R., Toplar, Y., & Colak, I. (2022). Induction Motor Control System with a Programmable Logic Controller (PLC) and Profibus Communication for Industrial Plants. *ISA Transactions*, 122, 459–471. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2021.04.019>
- Witrius, W., & Karim, S. (2023). Desain Monitoring dan Kontrol Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Protokol Komunikasi Modbus RTU. *Jurnal EEICT*, 6(2), 26–30. <https://doi.org/10.31602/eeict.v6i2.12934>
- Gäitan, N. C. (2025). Modbus RTU Protocol Timing Evaluation for Scattered Holding Register Read and ModbusE-Related Implementation. *Processes*, 13(2), 367. <https://doi.org/10.3390/pr13020367>
- Pratama, A. T., Liyantono, & Widodo, S. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air dan Stasiun Cuaca Berbasis Sensor Industrial dengan Protokol Modbus RS485. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 13(1), 98–114. <https://doi.org/10.19028/jtep.013.1.98-114>
- Pujianto, P., Tendean, M. T., & Muhtadi, M. Z. Z. (2025). Sistem Monitoring Energi Listrik 3 Fasa Berbasis IoT Dengan Protokol Modbus RS-485 Menggunakan ESP32. *Journal of Instrumentation and Hardware*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.53026/inhardware.v3i2.72>



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

Muhammad Zulfa Rizki Muttawadi
Lulus dari SDN 10 Pagi Petukangan Utara tahun 2016, Mtsn 2 Ciganjur Jakarta Selatan tahun 2019 Dan MAN 7 Jakarta Selatan dengan Jurusan IPA 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



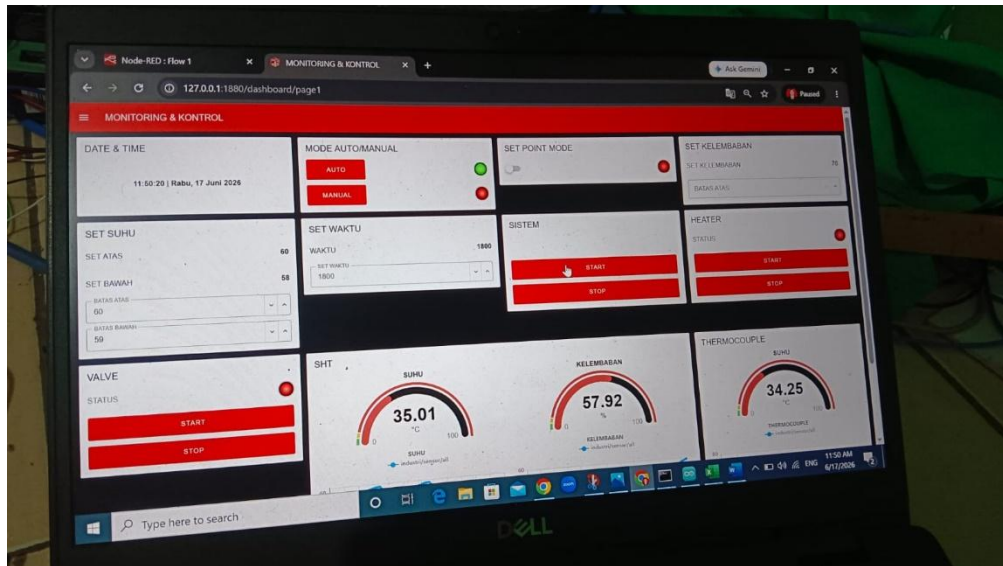
Lampiran 1 Foto Alat



Lampiran 2 Pengujian Alat

Hak Cipta :

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



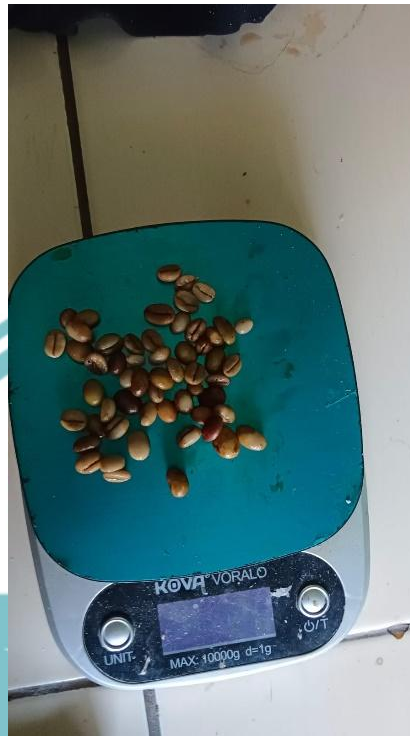
Lampiran 5 Pengujian Node-red



Lampiran 6 Pengujian HMI

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengutip sumbernya.
 - 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 8 Pengujian Susut Masa

ALHAMDULILLAH1.ino

```

1  #include <WiFi.h>
2  #include <PubSubClient.h>
3  #include <PZEM004Tv30.h>
4  #include <Wire.h>
5  #include <Adafruit_SHT31.h>
6  #include "max6675.h"
7  #include <ModbusRTU.h>
8  #include <time.h>
9
10 // --- KONFIGURASI WIFI & MQTT ---
11 const char* ssid      = "Kolis";
12 const char* password  = "RMyoel22";
13 const char* mqtt_server = "public.grootech.id";
14
15 // --- KONFIGURASI WAKTU (NTP) UNTUK WIB ---
16 const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
17 const long  gmtoffset_sec = 25200; // Offset WIB (+7 jam = 7 * 3600 detik)
18 const int   daylightOffset_sec = 0;
19
20 // --- PIN SENSOR & MODBUS ---
21 #define PZEM_RX_PIN 27
22 #define PZEM_TX_PIN 14
23 PZEM004Tv30 pzem(Serial1, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
24
25 int thermoSO = 19;
  
```

Lampiran 7 Program ESP32

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

arya tulis ini tanpa menyalahgunakan atau mencuri sumber:
diklan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

```

ALHAMDULILLAH1.ino
52 }
53
54 // --- CALLBACK: TERIMA PERINTAH DARI NODE-RED ---
55 void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
56   String top = String(topic);
57   String pesanUtuh = "";
58   for (int i = 0; i < length; i++) {
59     pesanUtuh += (char)payload[i];
60   }
61
62   // =====
63   // FITUR PEMANTAU NODE-RED DI SERIAL MONITOR
64   // =====
65   Serial.print("[Node-RED] Pesan Masuk -> Topik: ");
66   Serial.print(top);
67   Serial.print(" | Isi: ");
68   Serial.println(pesanUtuh);
69   // =====
70
71   uint16_t regPerintah = mb.Hreg(11);
72   char msg = pesanUtuh[0];
73
74   // SEMUA TOPIK AMAN, TIDAK ADA YANG DIHAPUS
75   if (top == "industri/control/heater") {
76     if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 0); else bitClear(regPerintah, 0);
77   } else if (top == "industri/control/btn_auto") {

```

Lampiran 10 Program ESP32

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

```
ALHAMDULILLAH1.ino
78   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 1); else bitClear(regPerintah, 1);
79   } else if (top == "industri/control/valve") {
80   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 2); else bitClear(regPerintah, 2);
81   } else if (top == "industri/control/selector") {
82   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 3); else bitClear(regPerintah, 3);
83   } else if (top == "industri/control/start") {
84   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 4); else bitClear(regPerintah, 4);
85   } else if (top == "industri/control/stop") {
86   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 5); else bitClear(regPerintah, 5);
87   } else if (top == "industri/control/reset") {
88   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 6); else bitClear(regPerintah, 6);
89   } else if (top == "industri/control/btn_manual") {
90   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 7); else bitClear(regPerintah, 7);
91   } else if (top == "industri/control/stop_heater") {
92   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 8); else bitClear(regPerintah, 8);
93   } else if (top == "industri/control/stop_valve") {
94   if (msg == '1') bitSet(regPerintah, 9); else bitClear(regPerintah, 9);
95   } else if (top == "industri/control/reset_kwh") {
96   if (msg == '1') pzem.resetEnergy();
97   } else if (top == "industri/control/set_waktu") {
98   mb.Hreg(12, pesanUtuh.toInt());
99   } else if (top == "industri/control/set_bawah") {
100  mb.Hreg(14, pesanUtuh.toInt());
101  } else if (top == "industri/control/set_atas") {
102  mb.Hreg(15, pesanUtuh.toInt());
103  } else if (top == "industri/control/set_hum_atas") {
```

Lampiran 11 Program ESP32

```
ALHAMDULILLAH1.ino
104   mb.Hreg(17, pesanUtuh.toInt());
105   }
106
107   mb.Hreg(11, regPerintah);
108   }
109
110   // --- FUNGSI RECONNECT MQTT ---
111   void reconnect() {
112   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !client.connected()) {
113   if (millis() - lastMqttRetry > 5000) {
114   lastMqttRetry = millis();
115
116   Serial.printf("[%s] [%lu ms] [MQTT] Koneksi terputus. Sedang mencari server...\n", getWaktuSekarang().c_str(), millis());
117   String clientID = "ESP32-Ind-" + String(WiFi.macAddress());
118
119   if (client.connect(clientID.c_str())) {
120   Serial.printf("[%s] [%lu ms] [MQTT] BERHASIL TERHUBUNG!\n", getWaktuSekarang().c_str(), millis());
121   client.subscribe("industri/control/#");
122   } else {
123   Serial.printf("[%s] [%lu ms] [MQTT] GAGAL MENGHUBUNGKAN. Coba lagi nanti...\n", getWaktuSekarang().c_str(), millis());
124   }
125   }
126   }
127   }
128
129   void setup() {
```

Lampiran 12 Program ESP32

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, penerbitan laporan, penerbitan 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

```
ALHAMDULILLAH1.ino
130 Serial.begin(115200);
131
132 // 1. MODBUS DINYALAKAN DULUAN SEBAGAI PRIORITAS
133 Serial2.begin(9600, SERIAL_8E1, RX2_PIN, TX2_PIN);
134 mb.begin(&Serial2);
135 mb.slave(SLAVE_ID);
136 mb.addHreg(0, 0, 18);
137
138 sht31.begin(0x44);
139
140 Serial.printf("\n\n[%lu ms] [SYSTEM] Memulai Sistem ESP32...\n", millis());
141
142 // 2. WIFI MULAI MENCARI SINYAL (TAPI TIDAK MEMBLOKIR MODBUS)
143 WiFi.begin(ssid, password);
144
145 client.setServer(mqtt_server, 1883);
146 client.setCallback(callback);
147 }
148
149 void loop() {
150 // MODBUS BERJALAN BEBAS HAMBATAN!
151 mb.task();
152
153 // =====
154 // KODE PENANTAU LACI 11 MODBUS
155 // =====
```

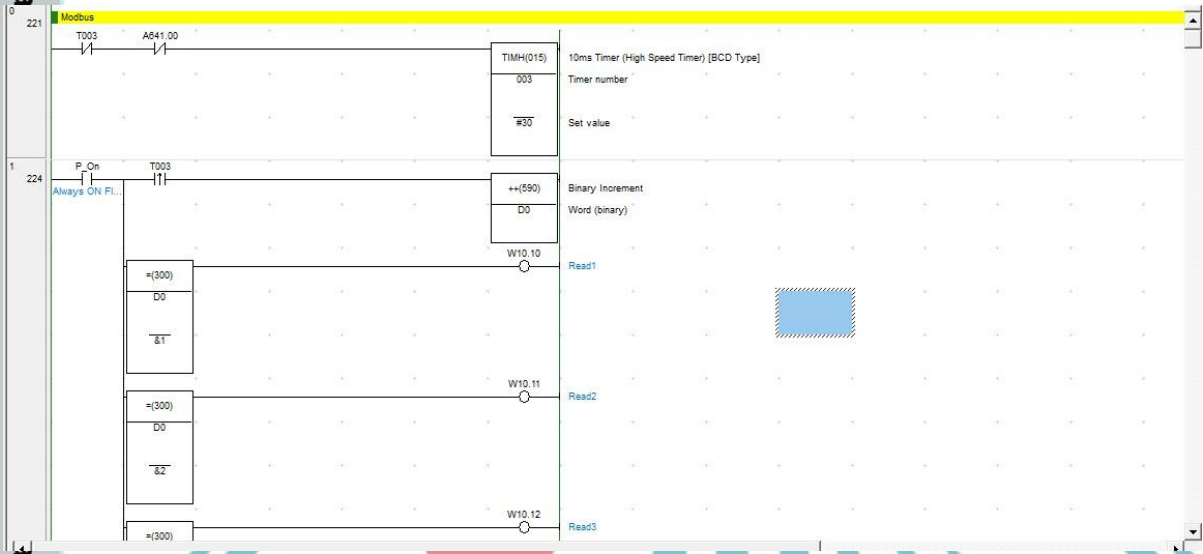
Lampiran 13 Program ESP32

```
ALHAMDULILLAH1.ino
155 // =====
156 static uint16_t pantauLaci11 = 0xFFFF;
157 if (mb.Hreg(11) != pantauLaci11) {
158   pantauLaci11 = mb.Hreg(11);
159   Serial.print("[MODBUS] Isi Laci 11 berubah menjadi: ");
160   Serial.println(pantauLaci11);
161 }
162 // =====
163
164 // --- CEK KONEKSI WIFI SECARA REAL-TIME ---
165 static bool wasWifiConnected = false;
166 static unsigned long lastWifiRetry = 0;
167 static bool jamSudahSinkron = false; // Penanda sinkronisasi jam
168
169 if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
170   if (wasWifiConnected) {
171     Serial.printf("[%s] [%lu ms] [WIFI] KONEKSI TERPUTUS! Kehilangan sinyal hotspot...\n", getWaktuSekarang().c_str(), millis());
172     wasWifiConnected = false;
173     jamSudahSinkron = false; // Reset status jam jika putus
174   }
175
176   if (millis() - lastWifiRetry > 10000) {
177     lastWifiRetry = millis();
178     Serial.printf("[%s] [%lu ms] [WIFI] Mencoba menyambungkan ulang jaringan...\n", getWaktuSekarang().c_str(), millis());
179     WiFi.disconnect();
```

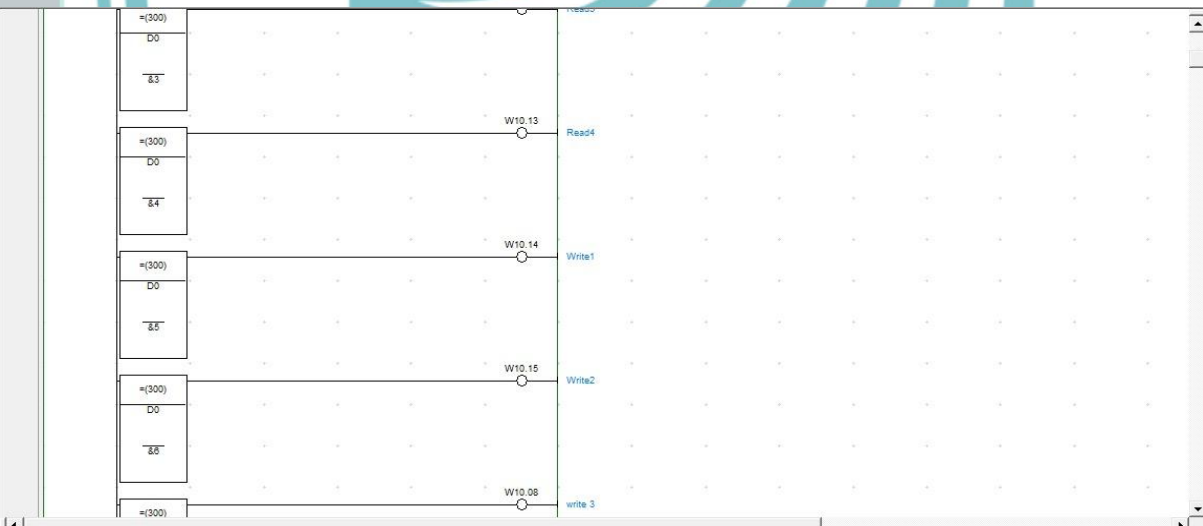
Lampiran 14 Program ESP32

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



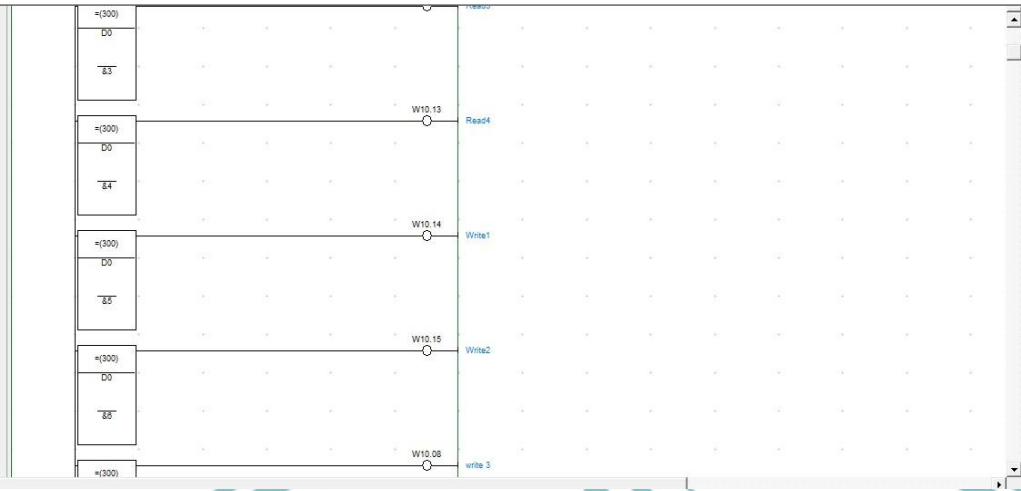
Lampiran 16 Program PLC



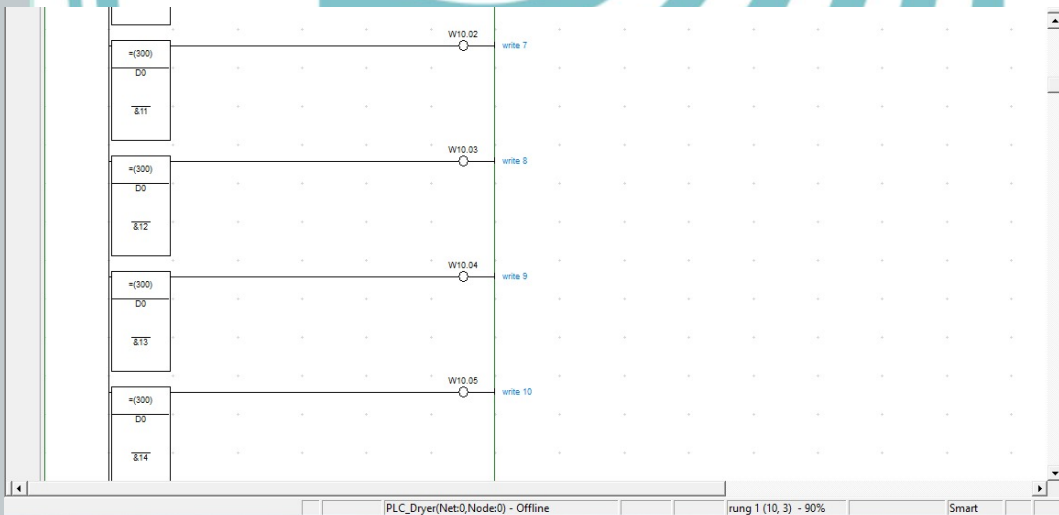
Lampiran 15 Program PLC

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



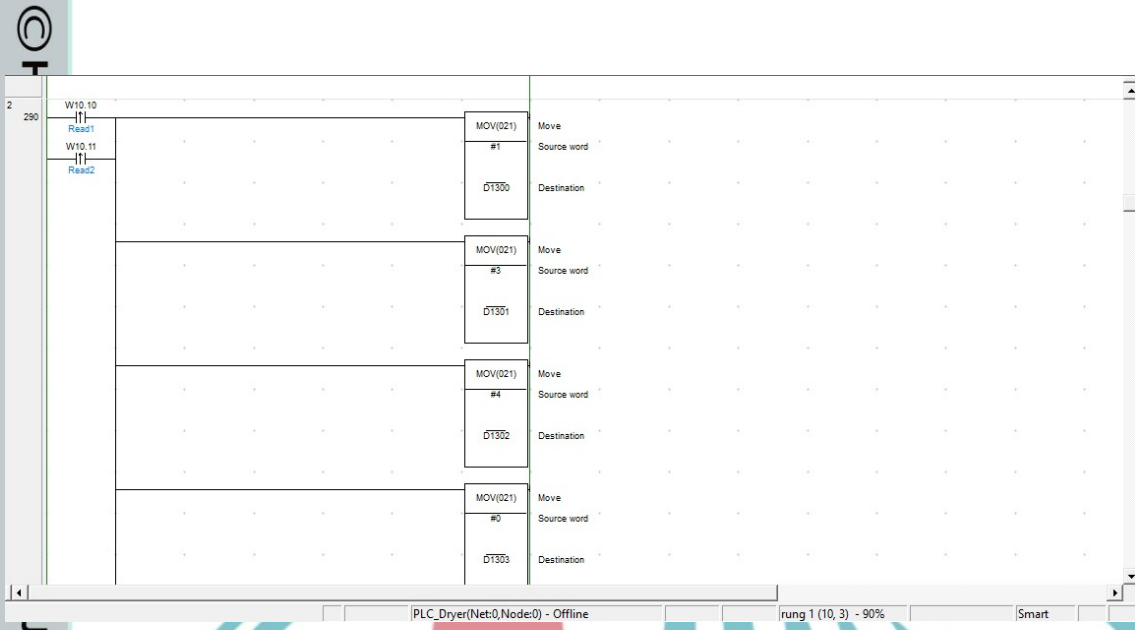
Lampiran 17 Program PLC



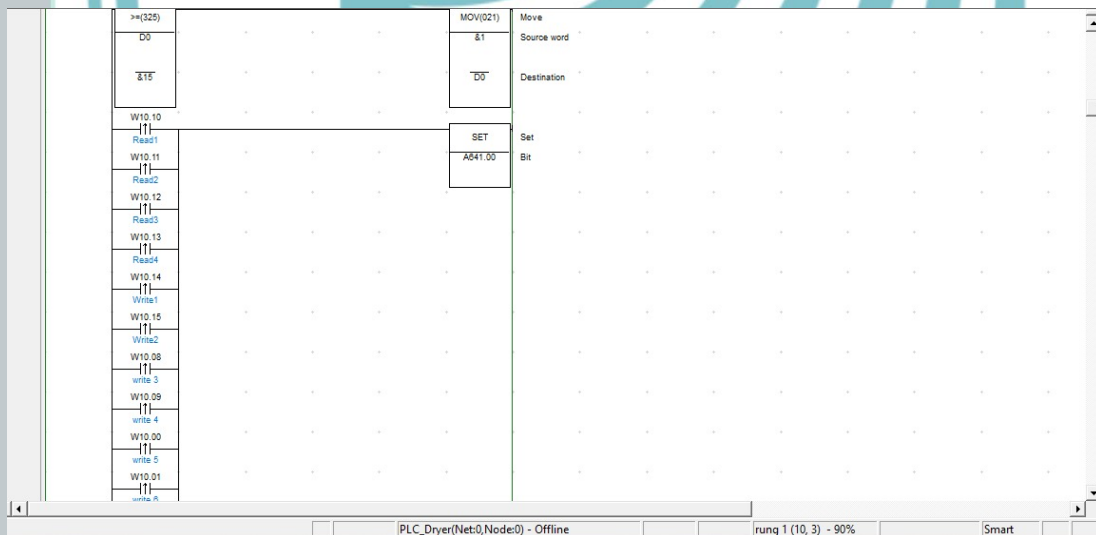
Lampiran 18 Program PLC

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



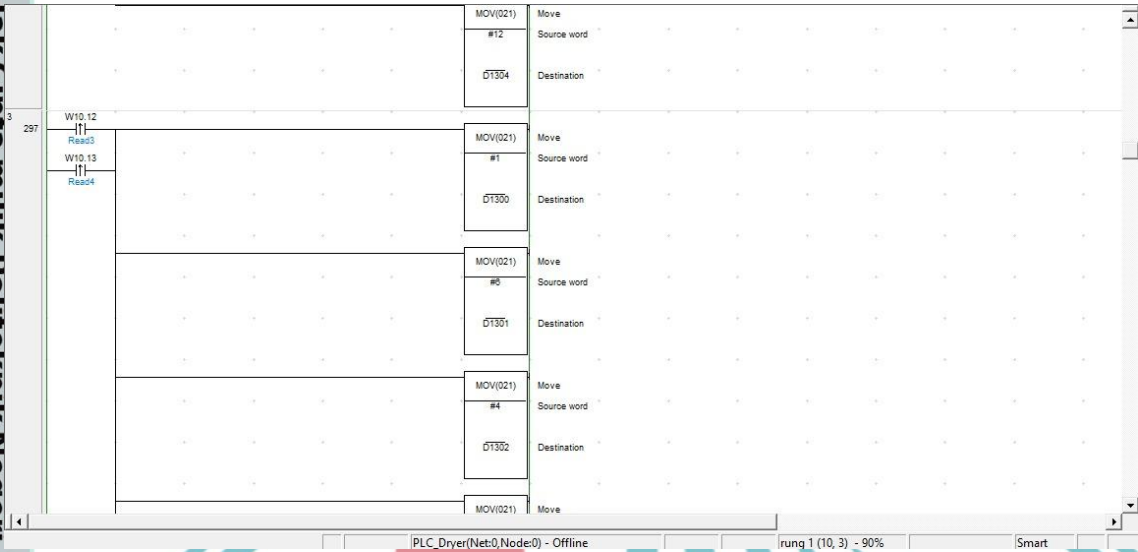
Lampiran 19 Program PLC



Lampiran 20 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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



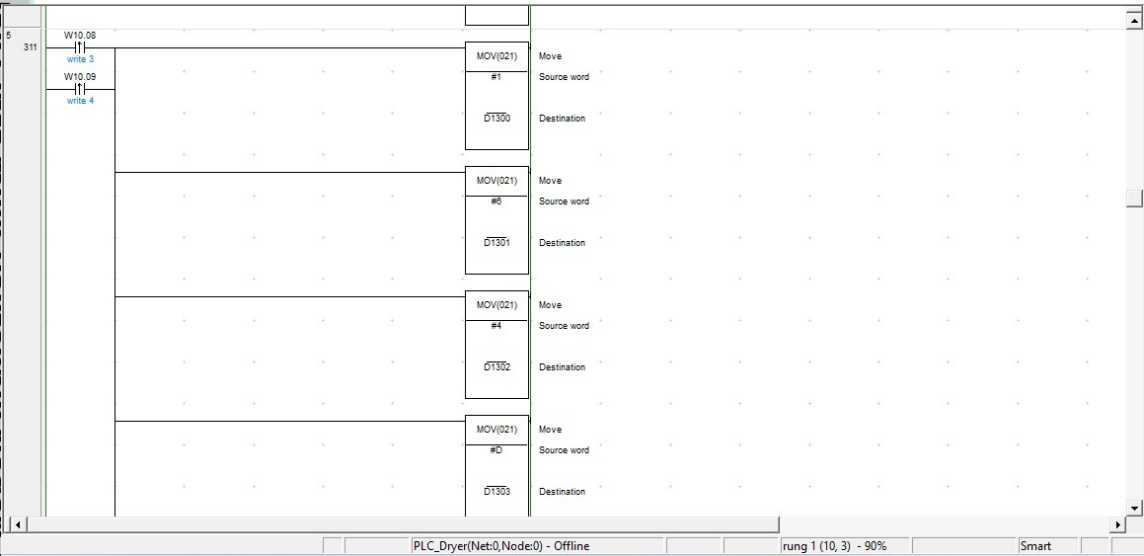
Lampiran 22 Program PLC



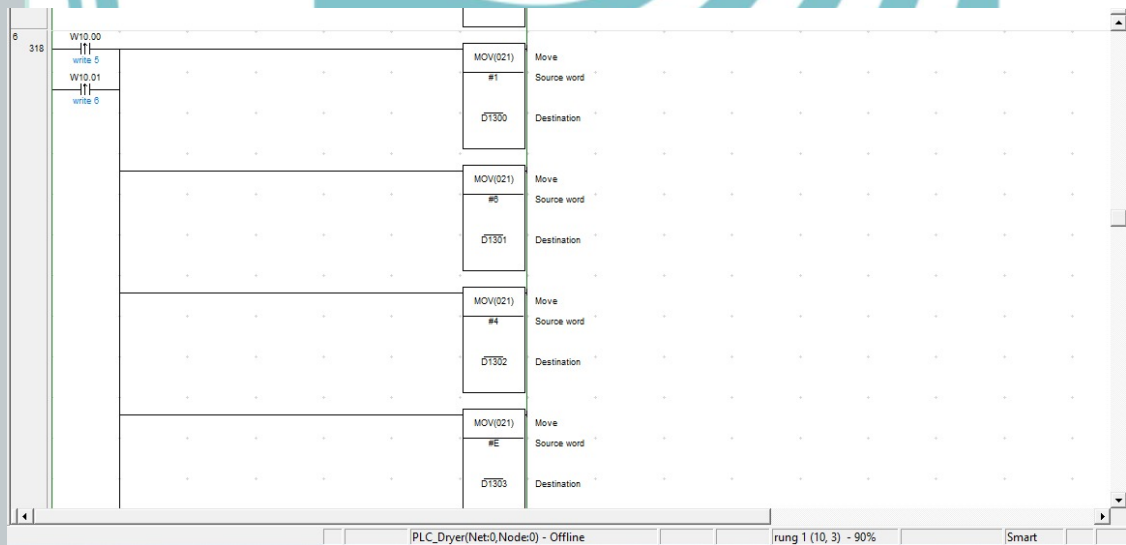
Lampiran 21 Program PLC

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



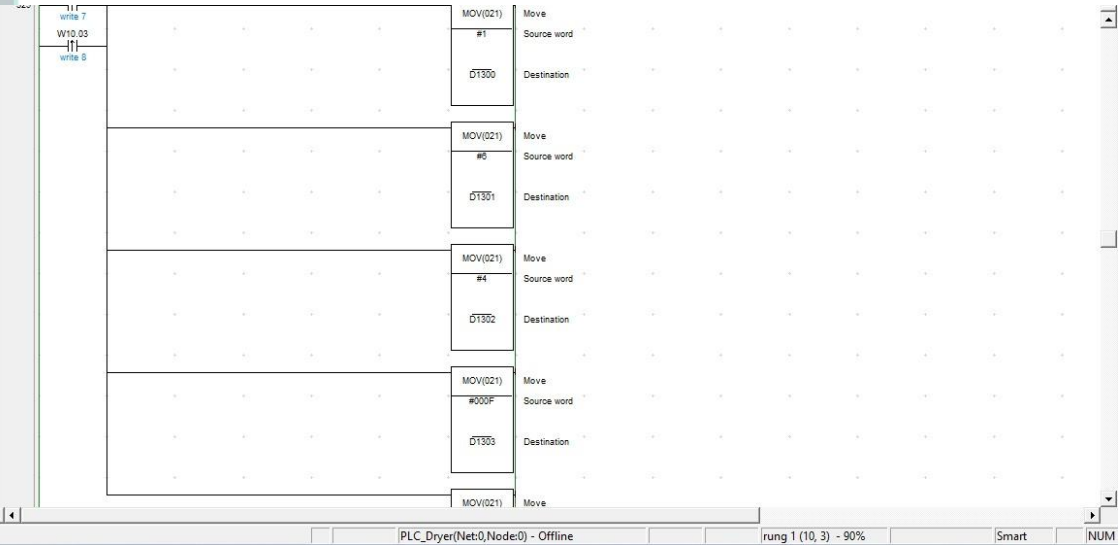
Lampiran 23 Program PLC



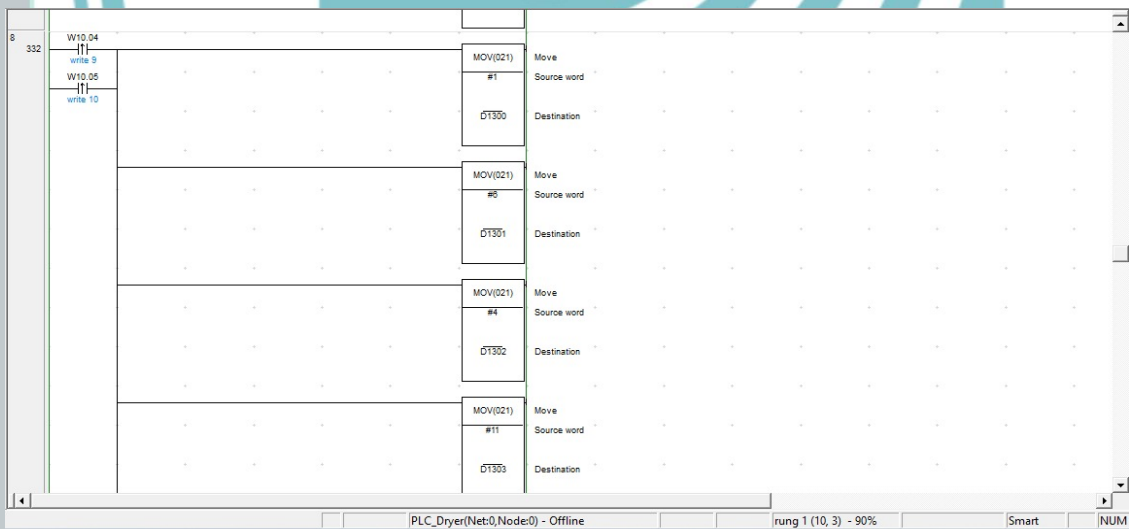
Lampiran 24 Program PLC

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



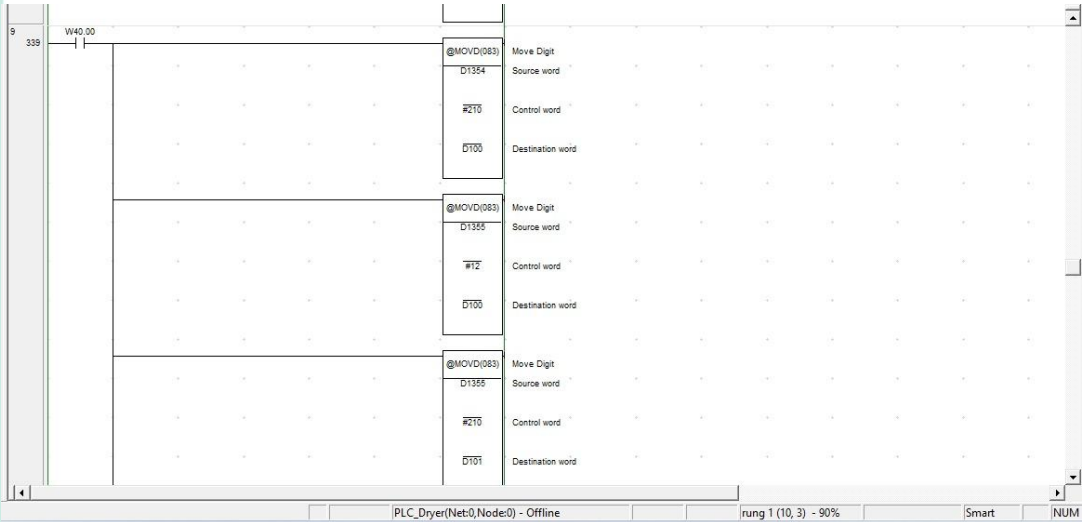
Lampiran 25 Program PLC



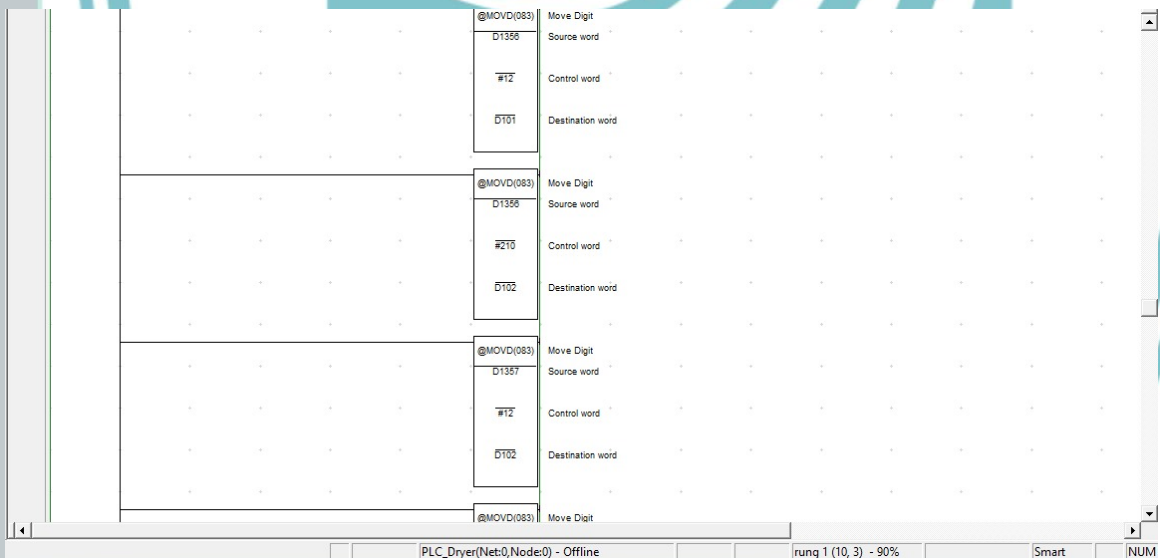
Lampiran 26 Program PLC

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , pennisan Karya ilmiah, pennisan laporan, pennisan 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 27 Program PLC



Lampiran 28 Program PLC



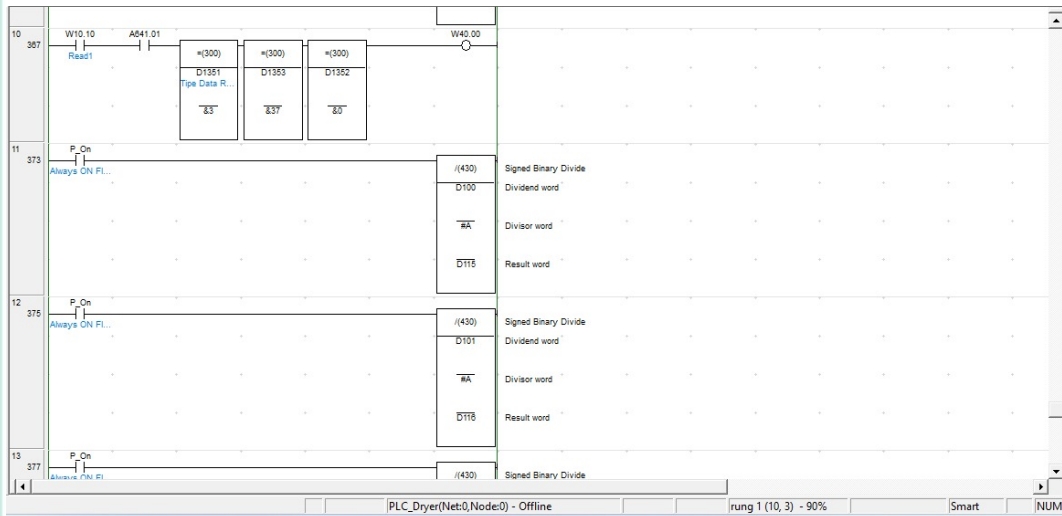
2

- 9**

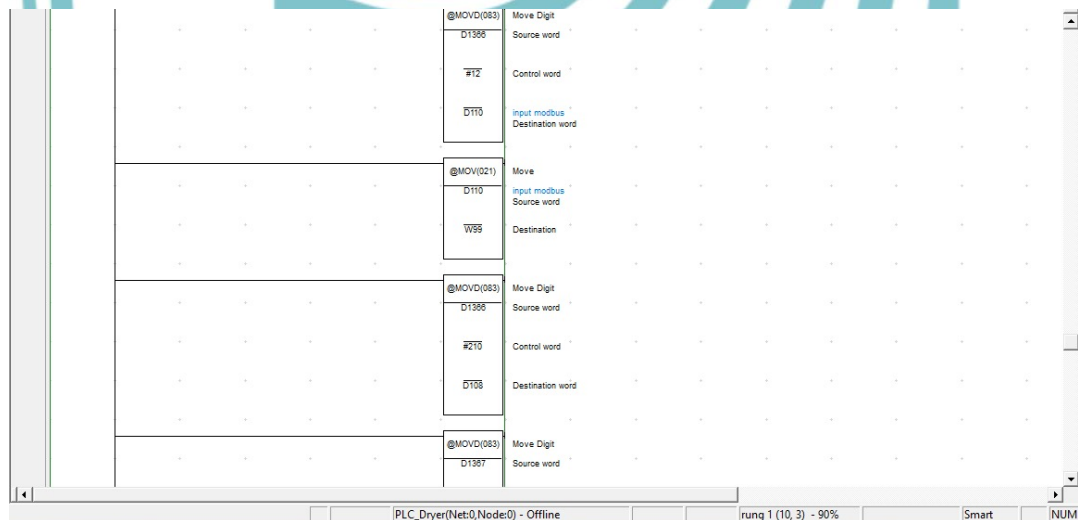
9**9****9****9**

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



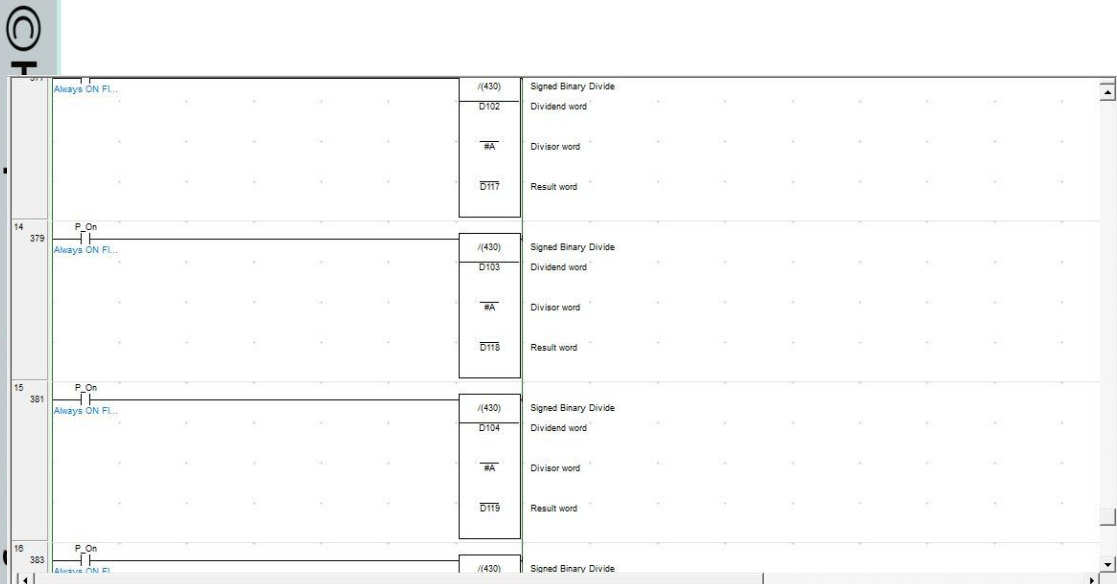
Lampiran 31 Program PLC



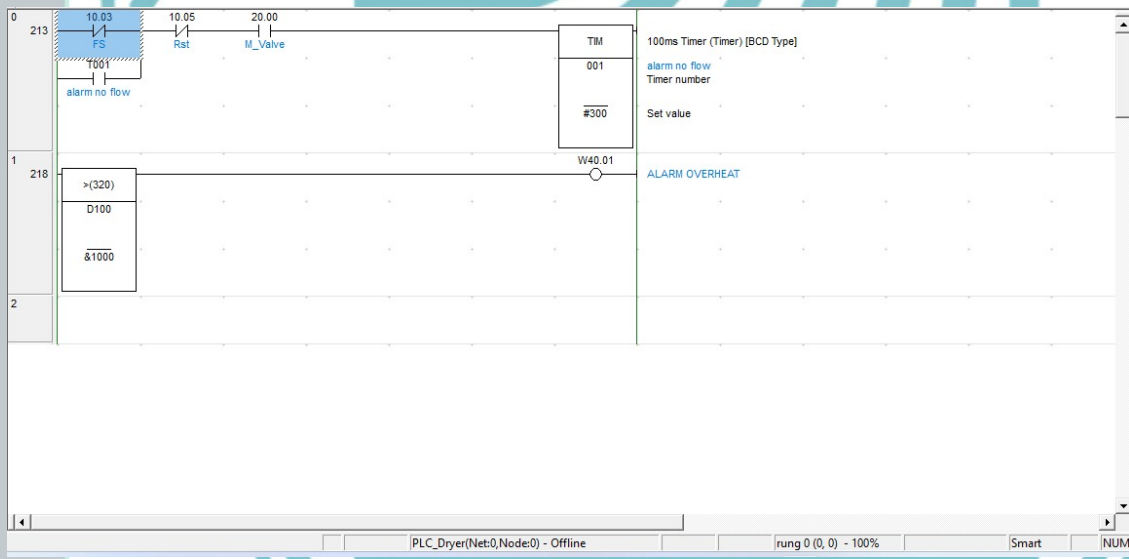
Lampiran 32 Program PLC

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



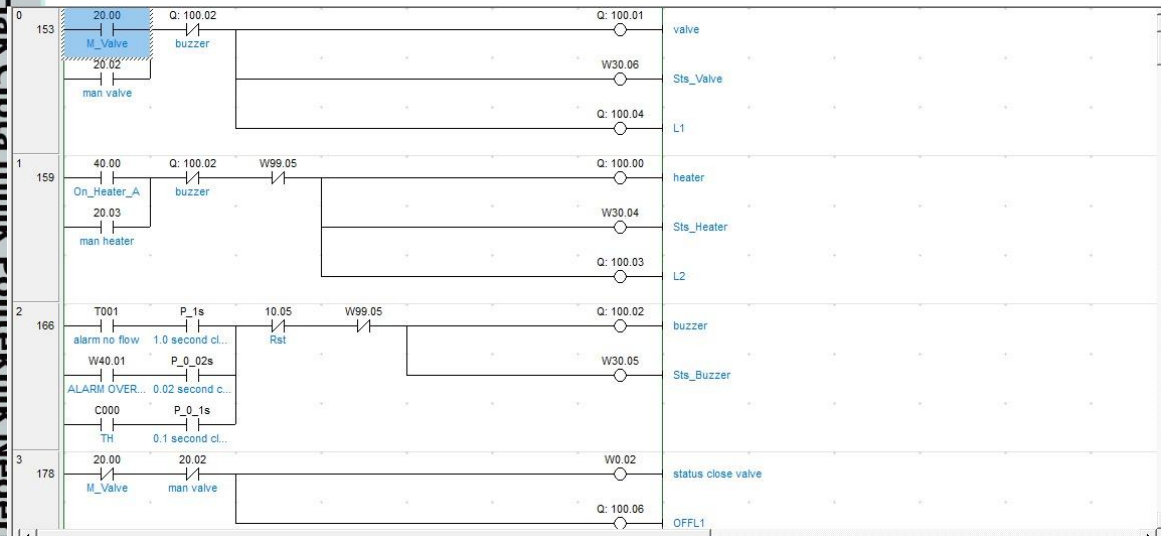
Lampiran 33 Program PLC



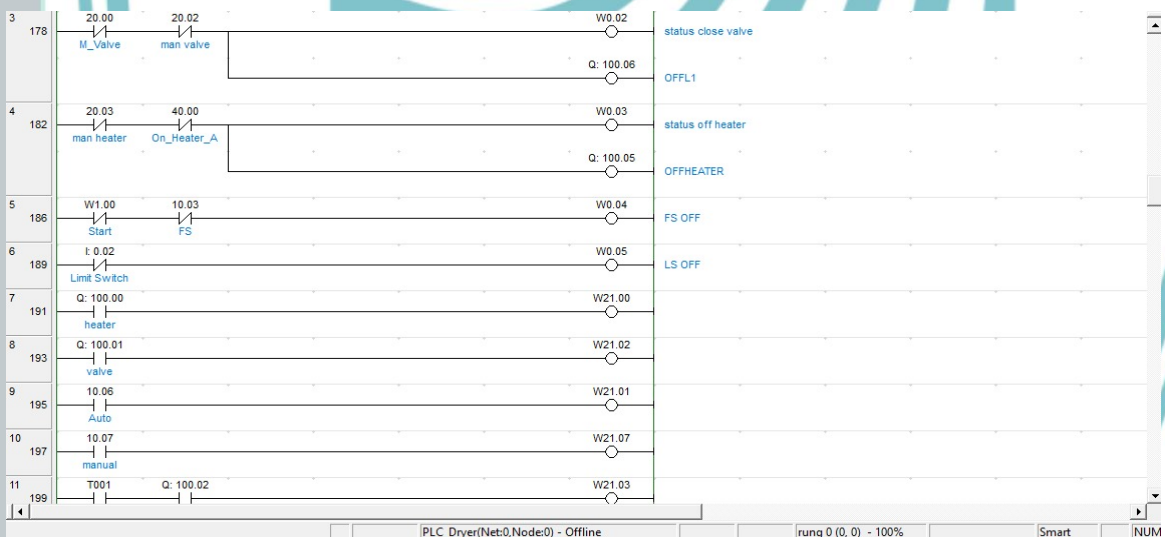
Lampiran 34 Program PLC

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



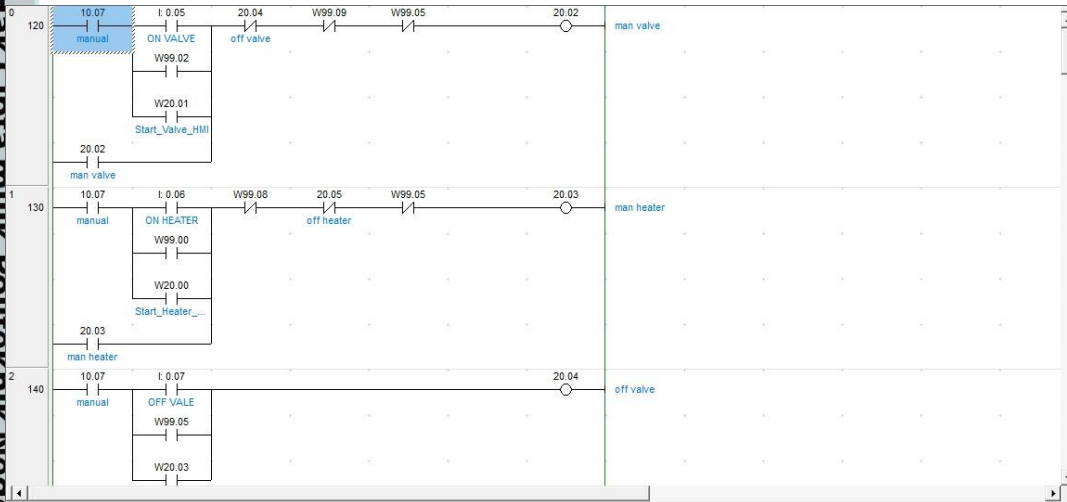
Lampiran 36 Program PLC



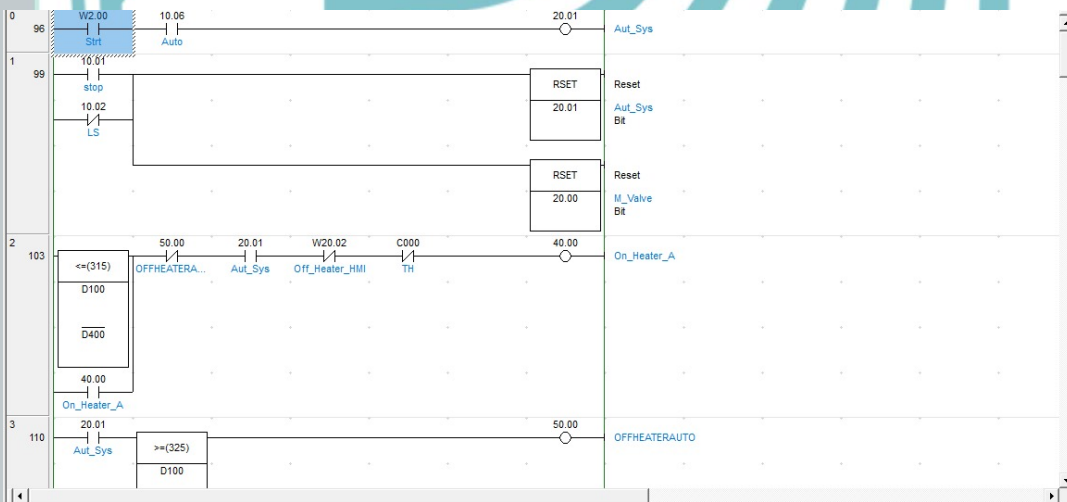
Lampiran 35 Program PLC

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



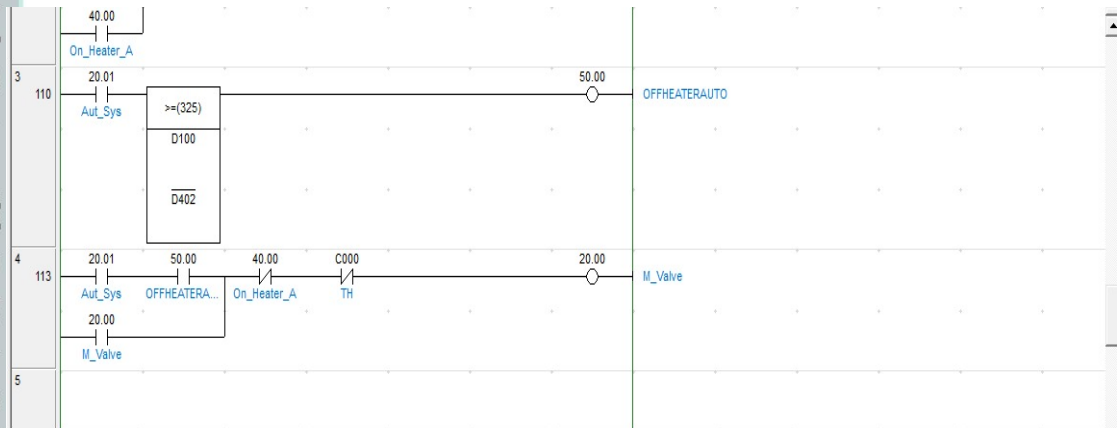
Lampiran 37 Program PLC



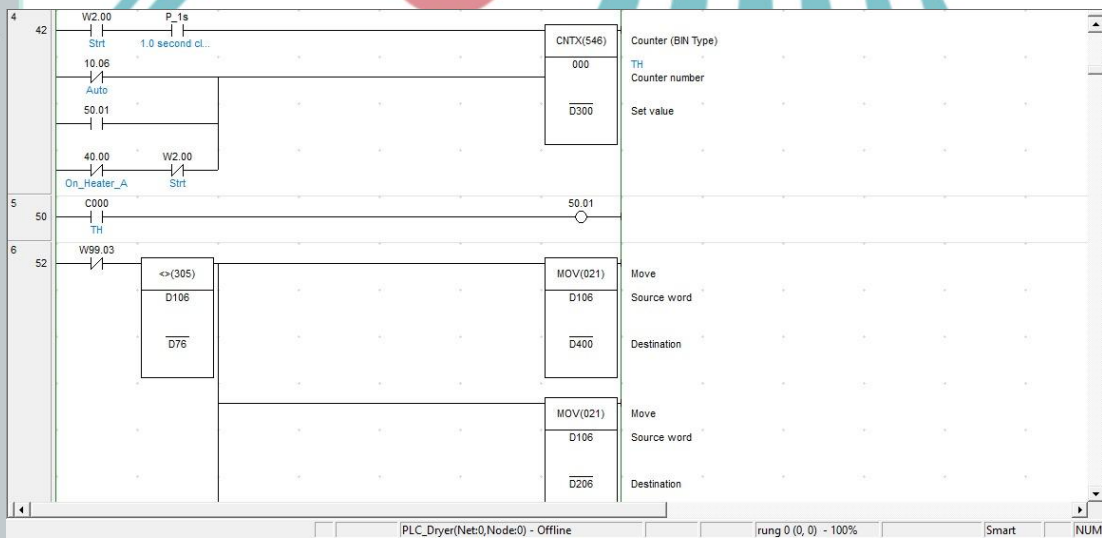
Lampiran 38 Program PLC

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



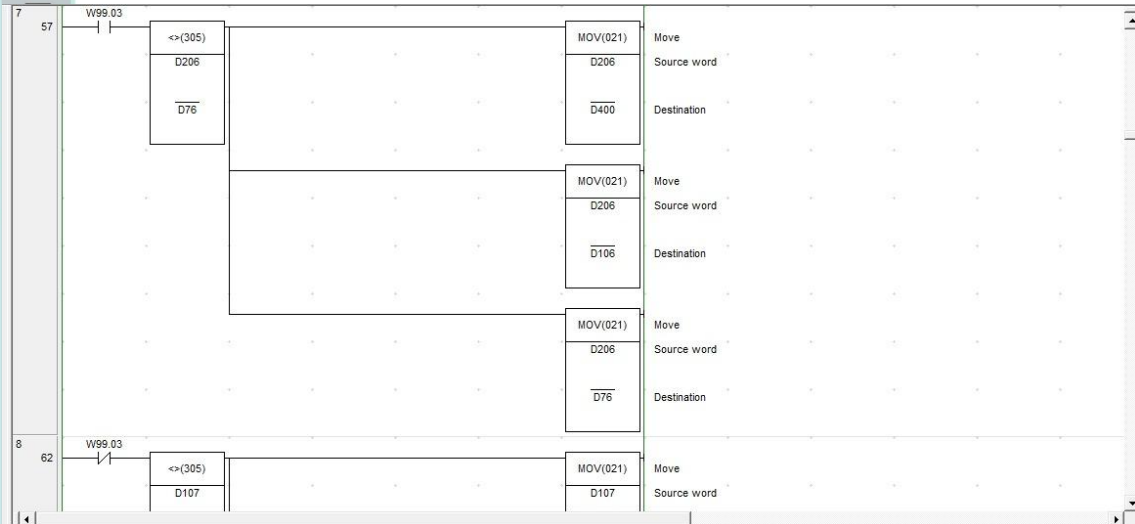
Lampiran 39 Program PLC



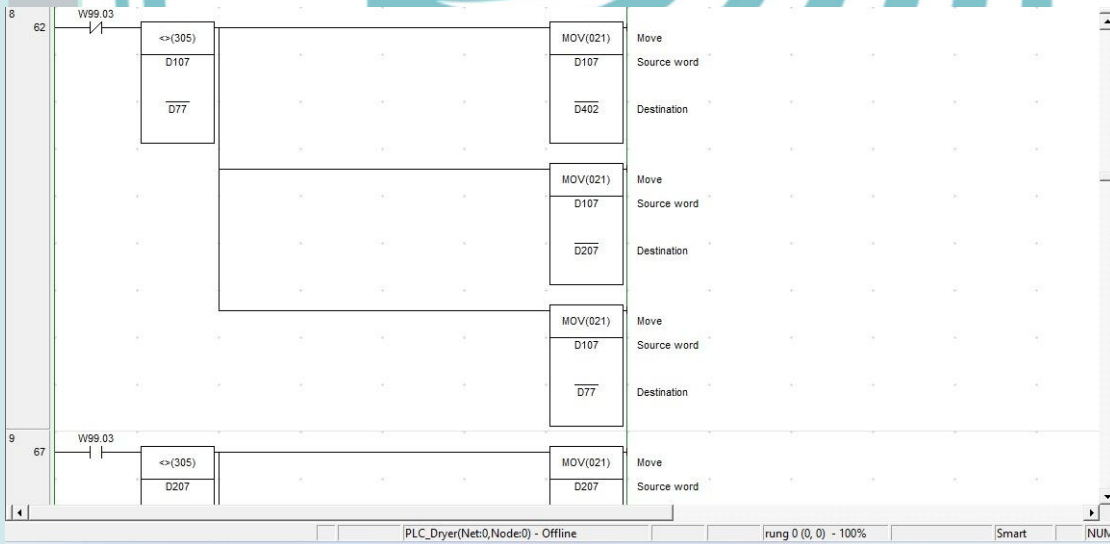
Lampiran 40 Program PLC

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



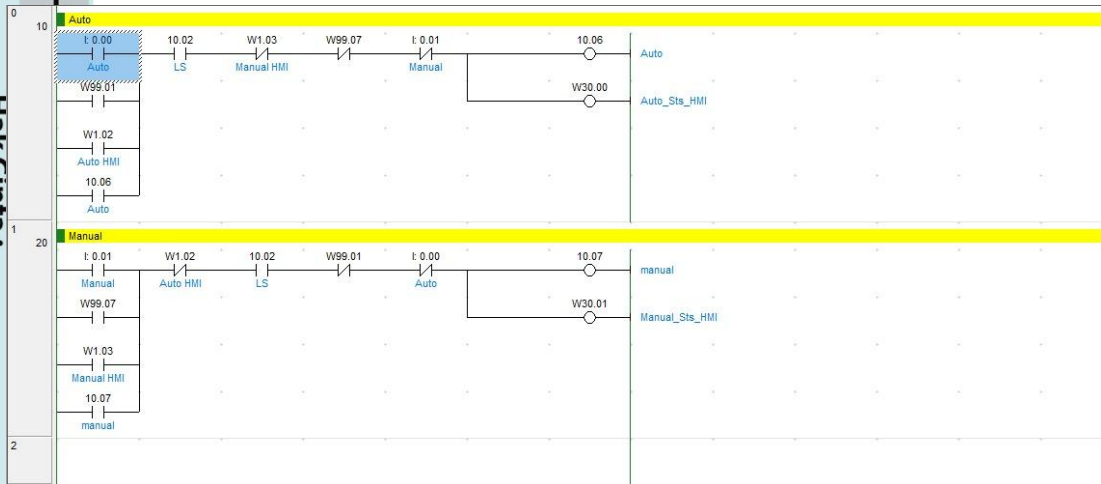
Lampiran 42 Program PLC



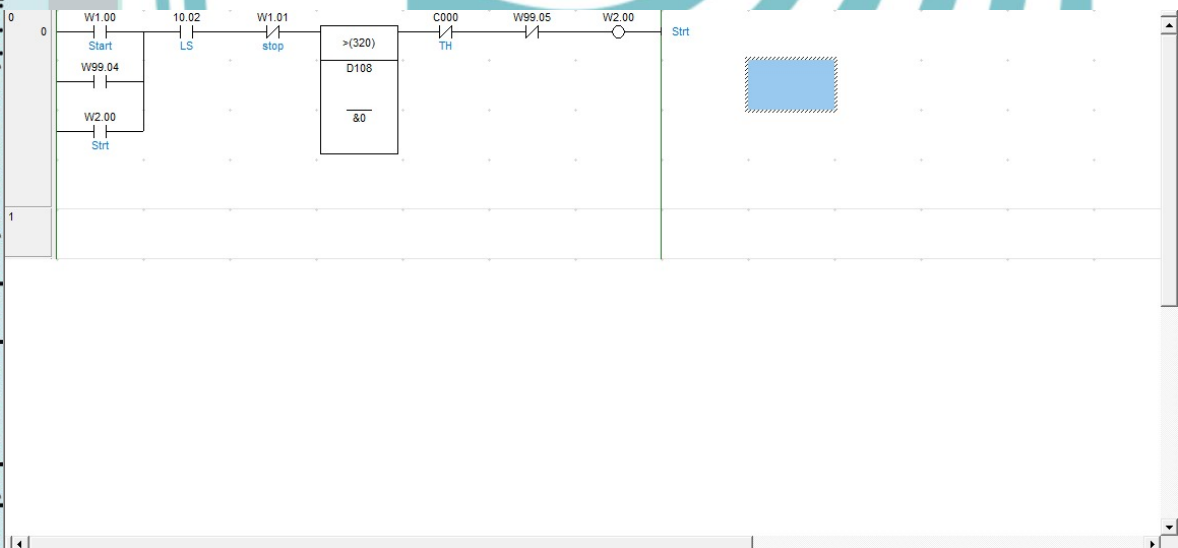
Lampiran 41 Program PLC

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



Lampiran 44 Program PLC



Lampiran 43 Program PLC