



Simulasi SCADA Menggunakan TIA Portal untuk Integrasi ASRS dan Konveyor pada MES-SMI- C205

Tugas Akhir

**Oleh:
Shelly Sri Pitriani (4212531019)**

**Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul: "Simulasi SCADA Menggunakan TIA Portal untuk Integrasi ASRS dan Konveyor pada MES-SMI-C205" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 6 Juli 2026



Shelly Sri Pitriani
NIM: 4212531019

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Shelly Sri Pitriani (4212531019)

Tanggal Sidang: 06 07, 2026

Disetujui oleh:



1. Daniel Sutopo P, S.T.,M.T., Ph.D
NIK: 100006



1. Diono, S.Tr. T.M.Sc
NIK: 120243



2. Sulistiono, S.T., M.T.
NIK: 125367

[Simulasi SCADA Menggunakan TIA Portal untuk Integrasi ASRS dan Konveyor pada MES-SMI-C205]

Abstrak

Pengembangan sistem manufaktur cerdas (*smart manufacturing*) menuntut integrasi yang efektif antara subsistem pemindahan material, seperti *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) dan sistem konveyor, guna memastikan proses yang efisien, andal, dan terpantau secara *real-time*. Namun, mengintegrasikan subsistem dengan pengontrol (*controller*) yang terpisah masih menjadi suatu tantangan, khususnya dalam konteks pembelajaran dan pengembangan prototipe. Tugas Akhir ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan simulasi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) menggunakan TIA Portal untuk integrasi sistem ASRS dan konveyor dengan mengacu pada modul MES-SMI-C205. Sistem ini dikendalikan oleh dua *Programmable Logic Controller* (PLC) Siemens S7-1500 yang berkomunikasi melalui jaringan *Ethernet*. Metodologi penelitian meliputi pemrograman PLC dan perancangan komunikasi menggunakan Profinet dengan konfigurasi *I-device*, pengembangan antarmuka SCADA menggunakan *WinCC Runtime Advanced*, pemodelan *virtual plant* menggunakan Factory I/O sebagai pengganti sistem fisik, serta manajemen data berbasis Excel (.csv). Hasil pengujian untuk seluruh elemen simulasi mencapai tingkat akurasi mutlak sebesar 100%. Model *virtual plant* dan komunikasi data antar-PLC melalui *transfer area* menunjukkan fungsi sinkronisasi visual, mekanis, dan *tag* yang valid tanpa adanya kegagalan. Antarmuka SCADA juga terbukti 100% akurat dalam mengeksekusi fungsi pemantauan, tombol kendali, navigasi, dan sistem penguncian (*interlock*). Selain itu, fitur data historis dikonfirmasi berhasil merekam dan menyimpan seluruh riwayat aktivitas stasiun secara otomatis ke dalam database Excel. Simulasi yang dikembangkan ini diharapkan dapat berfungsi sebagai media pembelajaran dan prototipe awal untuk memahami integrasi sistem manufaktur cerdas.

Kata Kunci: ASRS, Factory I/O, *Historical Data*, *I-device*, Profinet, SCADA.

[Simulation of SCADA Using TIA Portal for the Integration of ASRS and Conveyor in the MES-SMI-C205 System]

Abstract

The development of smart manufacturing systems demands effective integration between material handling subsystems, such as the Automated Storage and Retrieval System (ASRS) and conveyor systems, to ensure efficient, reliable, and real-time monitored processes. However, integrating subsystems with separate controllers remains a challenge, particularly in the context of learning and prototype development. This Final Project aims to design and develop a Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) simulation using TIA Portal for the integration of ASRS and conveyor systems on the MES-SMI-C205 module. The system is controlled by two Siemens S7-1500 Programmable Logic Controllers (PLCs) communicating via an Ethernet network. The methodology includes PLC programming and communication design using Profinet with I-device configuration, SCADA interface development using WinCC Runtime Advanced, virtual plant modeling using Factory I/O as a physical system replacement, and Excel-based (.csv) data management. The test results for all simulation elements achieved an absolute accuracy rate of 100%. The virtual plant model and inter-PLC data communication via the transfer area demonstrated valid visual, mechanical, and tag synchronization functions without failure. The SCADA interface was also proven 100% accurate in executing monitoring functions, control buttons, navigation, and interlock systems. Furthermore, the historical data feature successfully recorded and automatically saved all station activity history into the Excel database. The developed simulation is expected to serve as a learning medium and an initial prototype for understanding smart manufacturing system integration.

Keywords: ASRS, Factory I/O, Historical Data, I-device, Profinet, SCADA.

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul "**Simulasi SCADA Menggunakan TIA Portal untuk Integrasi ASRS dan Konveyor pada MES-SMI-C205**" dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan penyusunan laporan ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Diono, S.Tr. T.M.Sc, selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika sekaligus Dosen Wali serta Pembimbing Tugas Akhir yang telah sabar memberikan arahan, ilmu, dan bimbingan selama proses penyusunan laporan ini
2. Daniel Sutopo P, S.T.,M.T., Ph.D, selaku Penguji I
3. Sulistiono, S.T., M.T., selaku penguji II
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mekatronika yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
5. Keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan moral, maupun material yang tiada henti.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan dan semangatnya.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pihak-pihak yang membutuhkan

Batam, 6 Juli 2026



Shelly Sri Pitriani

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	i
Abstrak	ii
<i>Abstract</i>	iii
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Daftar Gambar	i
Daftar Tabel	ii
Daftar Lampiran	iii
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. MES-SMI-C205	9
2.2.1. Smart Manufacturing Industry	9
2.2.2. MES-SMI-C205	9
2.3. Automated Storage and Retrieval System (ASRS)	11
2.4. Konveyor	13
2.5. Programable Logic Controller (PLC)	14
2.5.1. PLC SIEMENS S7-1500	14
2.5.2. TIA Portal 19	16
2.6. SCADA	16
2.6.1. HMI	17

2.6.2.	Database.....	17
2.7.	Factory I/O	17
2.8.	Analisa Statistik Deskriptif.....	18
Bab 3.	Metodologi Penelitian	20
3.1.	Perancangan.....	20
3.1.1.	Tahapan Penelitian	20
3.1.2.	Perancangan Sistem	21
3.1.2.1.	Alur Sistem	21
3.1.2.2.	Integrasi Data	23
3.1.3.	Perancangan dan Konfigurasi Hardware	24
3.1.3.1.	Perancangan Topologi Jaringan Hardware	24
3.1.3.2.	Konfigurasi <i>Hardware</i>	25
3.1.4.	Perancangan <i>Virtual Plant</i>	27
3.1.5.	Perancangan Antar Muka HMI	28
3.1.6.	Perancangan Database	32
3.2.	Alat dan Bahan	33
3.2.1.	<i>Software</i>	33
3.2.2.	Alat dan bahan	33
3.2.3.	Lokasi Penelitian Tugas Akhir	33
3.3.	Pengujian	34
3.3.1.	Prosedur Pengujian	34
3.3.2.	Pengujian Model <i>Virtual Plant</i>	34
3.3.3.	Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC.....	36
3.3.4.	Pengujian Antarmuka SCADA	36
3.3.5.	Pengujian Database	38
3.3.6.	Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi	38
Bab 4.	Hasil dan Pembahasan	40
4.1.	Data Hasil Penelitian	40
4.1.1.	Hasil Perancangan dan Konfigurasi Hardware	40

4.1.2.	Hasil Perancangan Virtual Plant	41
4.1.2.1.	I/O Mapping	42
4.1.3.	Hasil Perancangan Antarmuka SCADA.....	44
4.1.4.	Hasil Perancangan Database	48
4.2.	Data Hasil Pengujian	49
4.2.1.	Pengujian Model <i>Virtual Plant</i>	49
4.2.2.	Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC.....	56
4.2.3.	Pengujian Antarmuka SCADA	58
4.2.4.	Hasil Pegujian Database	69
4.2.5.	Hasil Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi.....	70
Bab 5.	Kesimpulan dan Saran	73
5.1.	Kesimpulan	73
5.2.	Saran	73
Daftar Pustaka		75
Biodata		77
Lampiran		78

Daftar Gambar

Gambar 1. MES-SMI-C205. Diadaptasi dari [3].	10
Gambar 2. MES-SMI-C205 Machine Flow Process. Diadaptasi dari [3].	11
Gambar 3. <i>Single Axis Robot</i> . Diadaptasi dari [3].	12
Gambar 4. <i>Pneumatic Gripper</i> . Diadaptasi dari [3].	13
Gambar 5. Konveyor Pada MES-SMI-C205. Diadaptasi dari [3]	13
Gambar 6. PLC S7-1500-CPU. Diadaptasi dari [8].	15
Gambar 7. Tampilan awal perangkat lunak TIA Portal versi 19	16
Gambar 8. Antarmuka software Factory I/O	18
Gambar 9. Diagram Alur Tahapan Penelitian	20
Gambar 10. Flowchart Sinkronisasi PLC Konveyor dan ASRS	22
Gambar 11. Blok Diagram integrasi Data	23
Gambar 12. Topologi Jaringan Daisy Chain Sistem ASRS dan Konveyor	24
Gambar 13. Tampilan <i>Devices & Networks</i> pada TIA Portal	25
Gambar 14. Setting IO Device.	27
Gambar 15. Design <i>Virtual Plant</i>	27
Gambar 16. Koneksi HMI WinCC dan PLC	28
Gambar 17. <i>Design Home Screen</i> HMI	29
Gambar 18. Design Screen Pemilihan Slot	30
Gambar 19. Design Screen Monitoring Konveyor	31
Gambar 20. <i>Design Alarm Popup Screen</i>	31
Gambar 21. Historical Data Setting	32
Gambar 22. Implementasi Hardware	40
Gambar 23. Hasil Virtual Plant	41
Gambar 24. Hasil I/O Mapping dengan driver PLC S7-1200/1500.	43
Gambar 25. Data I/O Mapping serta Type data dan pengalamatan di PLC	43
Gambar 26. Tampilan Home Screen	44
Gambar 27. Tampilan Screen Pemilihan Slot	45
Gambar 28. Tampilan Screen Monitoring Konveyor	46
Gambar 29. Hasil <i>Alarm Popup Screen</i>	47
Gambar 30. Hasil Database berupa file berformat (.csv)	48

Daftar Tabel

Tabel 1. Penelitian Terdahulu.....	4
Tabel 2. Classification Model Performance.....	19
Tabel 3. Data Internet Protocol Properties	26
Tabel 4. Estimasi biaya	33
Tabel 5. Pengujian Model Virtual	35
Tabel 6. Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC	36
Tabel 7. Pengujian Antarmuka SCADA	37
Tabel 8. Pengujian Database	38
Tabel 9. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi.....	39
Tabel 10. Hasil Pengujian Model Virtual Plant	49
Tabel 11. Hasil Pengujian Logika Komunikasi	56
Tabel 12. Hasil Pengujian Antarmuka SCADA.....	58
Tabel 13. Hasil Pengujian Database.....	69
Tabel 14. Hasil Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi	71

Daftar Lampiran

- Lampiran A. Daftar PLC Tags Sistem ASRS
- Lampiran B. Daftar PLC Tags Sistem Konveyor
- Lampiran C. Daftar HMI Tags dan Pemetaan Alamat PLC
- Lampiran D. Historical Data
- Lampiran E. Daftar Text List Entry
- Lampiran F. *Ladder Diagram* PLC_ASRS
- Lampiran G. Ladder Diagram PLC_KONVEYOR

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur saat ini mengarah pada penerapan konsep *smart manufacturing* yang menekankan integrasi sistem, otomatisasi, serta pemantauan proses secara *real-time* guna meningkatkan efisiensi, fleksibilitas, dan keandalan produksi dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. [1] Salah satu komponen penting dalam *smart manufacturing system* adalah sistem penanganan material (*material handling*), yang berperan dalam proses penyimpanan serta pengambilan, pemindahan, dan distribusi material secara otomatis.

Integrasi antara *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) dan sistem konveyor merupakan bagian krusial dalam sistem *material handling*. Integrasi yang baik antara kedua subsistem tersebut mampu mengurangi waktu proses, meminimalkan kesalahan manusia, serta meningkatkan visibilitas alur material dalam sistem produksi. Dalam implementasinya, sistem ASRS dan konveyor umumnya dikendalikan oleh *Programmable Logic Controller* (PLC) dan dimonitor melalui *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) untuk memastikan operasi berjalan secara terkoordinasi dan terpantau secara menyeluruh.

Berbagai penelitian dan pengembangan sebelumnya telah mengimplementasikan sistem SCADA terintegrasi untuk sistem *material handling* dengan menggunakan pengendali terpusat, baik yang dihubungkan secara langsung pada perangkat fisik maupun melalui pendekatan simulasi sebagai pengganti perangkat keras fisik. Pendekatan simulasi mampu menekan biaya dan risiko implementasi, khususnya pada tahap perancangan dan pengujian awal (*prototyping*). Namun demikian, sebagian besar solusi yang ada masih memiliki keterbatasan, seperti ketergantungan pada sistem komersial yang bersifat tertutup (*closed system*), biaya implementasi yang tinggi, serta keterbatasan fleksibilitas dalam pengujian dan pengembangan logika kontrol. Selain itu, sebagian pendekatan simulasi masih mengandalkan visualisasi dua dimensi atau *watch table* yang kurang mampu merepresentasikan kondisi fisik sistem secara realistis.

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, diperlukan sebuah lingkungan simulasi virtual yang mampu merepresentasikan perilaku fisik sistem secara akurat guna memvalidasi logika kontrol sebelum diterapkan pada sistem nyata. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak Factory I/O sebagai media simulasi fisik tiga dimensi (3D). Factory I/O memungkinkan visualisasi pergerakan mekanik ASRS dan konveyor secara presisi, lengkap dengan sensor dan aktuator virtual yang dapat dihubungkan langsung ke PLC. Dengan pendekatan ini, simulasi tidak hanya menampilkan data digital, tetapi juga menggambarkan dinamika sistem secara visual yang menyerupai kondisi operasi sebenarnya.

Di Politeknik Negeri Batam telah tersedia sebuah mesin MES-SMI-C205 sebagai fasilitas pendukung pembelajaran dan praktikum di bidang *Smart Manufacturing*. Mesin ini memiliki beberapa subsistem, di antaranya ASRS dan sistem konveyor, yang sangat relevan untuk dijadikan objek simulasi. ASRS pada mesin ini memiliki 16 slot penyimpanan, di mana setiap slot direpresentasikan sebagai satu input pada PLC. Selain itu, sistem konveyor memiliki 10 *cavity* yang masing-masing dilengkapi dengan satu sensor untuk mendeteksi keberadaan material. Pada sisi keluaran ASRS juga terdapat satu sensor tambahan untuk mendeteksi material yang keluar dari sistem, sehingga total input digital yang dibutuhkan dalam sistem ini berjumlah 27 input.

Saat ini, Jurusan Elektro Politeknik Negeri Batam memiliki PLC Siemens S7 1500 dengan CPU 1511C-1PN berkapasitas 16 input, sehingga belum mencukupi untuk menangani seluruh kebutuhan input sistem. Oleh karena itu, sistem yang dikembangkan menggunakan dua buah PLC Siemens S7-1500 sebagai pengendali terpisah yang diintegrasikan melalui sistem SCADA. Pemodelan sistem dilakukan dengan menggunakan mesin MES-SMI-C205 sebagai acuan di dalam Factory I/O agar simulasi yang dibangun dapat merepresentasikan kondisi sistem nyata secara lebih akurat.

Berdasarkan di atas, penelitian ini berfokus pada pengembangan simulasi SCADA terintegrasi menggunakan TIA Portal yang dipadukan dengan Factory I/O untuk merepresentasikan sistem ASRS dan konveyor pada mesin MES SMI-C205. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan representasi sistem yang komprehensif, mempermudah proses validasi logika kontrol melalui visualisasi 3D yang interaktif, serta menjadi dasar bagi pengembangan dan implementasi sistem smart manufacturing yang lebih kompleks di masa mendatang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dibatasi pada poin-poin berikut:

- 1) Bagaimana membangun model virtual sistem ASRS dan konveyor menggunakan Factory I/O sebagai pengganti *plant* fisik untuk menguji validitas program PLC secara visual?
- 2) Bagaimana merancang logika komunikasi antar dua PLC Siemens S7-1500 agar proses pemindahan barang antara sistem ASRS dan konveyor dapat berjalan secara sekuensial?
- 3) Bagaimana merancang antarmuka SCADA pada TIA Portal yang mampu menampilkan status operasional dan mengendalikan alur kerja sistem secara *real-time*?
- 4) Bagaimana mengevaluasi kinerja simulasi yang dikembangkan dalam merepresentasikan alur material dan integrasi antar subsistem sebagai media pembelajaran sistem manufaktur cerdas?

1.3. Tujuan

Tujuan dari pelaksanaan Tugas Akhir ini adalah untuk merancang dan mengembangkan simulasi *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) yang mengintegrasikan *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) dan sistem konveyor pada mesin MES-SMI-C205. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Membangun model virtual sistem ASRS dan konveyor menggunakan Factory I/O sebagai pengganti *plant* fisik untuk menguji validitas program PLC secara visual.
- 2) Merancang logika komunikasi antar dua PLC Siemens S7-1500 agar proses pemindahan barang antara sistem ASRS dan konveyor dapat berjalan secara sekuensial.
- 3) Merancang antarmuka SCADA pada TIA Portal yang mampu menampilkan status operasional dan mengendalikan alur kerja sistem secara *real-time*.
- 4) Mengevaluasi hasil simulasi sebagai media pembelajaran dan prototipe sistem manufaktur cerdas.

1.4. Manfaat

Penelitian Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan dan penerapan sistem simulasi berbasis SCADA dan Factory I/O untuk integrasi subsistem manufaktur, serta menjadi dasar bagi penelitian lanjutan yang lebih kompleks di bidang otomasi industri.

1.5. Batasan

Mengingat kompleksitas sistem pada mesin MES-SMI-C205, maka penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Penelitian difokuskan pada simulasi, sehingga tidak dilakukan implementasi langsung pada perangkat keras fisik MES-SMI-C205. Namun, logika program dan alur proses simulasi mengacu pada mesin tersebut.
- 2) Subsistem yang dimodelkan dalam Factory I/O hanya terbatas pada bagian *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) dan jalur konveyor.
- 3) Sistem SCADA yang dibangun menggunakan WinCC Runtime Advanced mencakup fungsi monitoring, kontrol manual dan otomatis, serta integrasi dengan sistem database. Data operasional yang disimpan dalam database dibatasi pada parameter tertentu, seperti status sensor, status aktuator, dan informasi proses dasar, tanpa mencakup analisis data lanjutan, optimasi energi, maupun integrasi dengan sistem tingkat perusahaan lainnya.
- 4) Fungsi sistem dibatasi pada monitoring status, kontrol start/stop, sinkronisasi operasi antar subsistem ASRS dan konveyor, serta pencatatan data operasional ke dalam database sebagai kebutuhan pencatatan (logging).

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini diantaranya:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
1	2025	Ardana, Farras Aprilistian, dkk	PoliGrid – “Penerapan Aplikasi Factory I/O Untuk Proses Kontrol Simulasi Dengan Animasi Sortir Benda Logam Dan Nonlogam Berbasis PLC”	Simulasi 3D menggunakan an Factory I/O dan PLC Schneider TM221 untuk penyortiran benda logam/non-logam sebagai media pembelajaran n praktikum.	Sistem bersifat <i>standalone</i> (berdiri sendiri) dengan kontroler tunggal, cakupan operasional yang sempit hanya pada sortir benda, serta tidak adanya sistem SCADA untuk manajemen data dan pengawasan terpusat
2	2024	Sulthony, Mochamad Bagus. Dkk	Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro – “Implementasi Pemrograman PLC dan HMI Terintegrasi Factory IO pada Sistem <i>Automated</i>	Mengintegrasikan PLC Siemens S7-1200 dengan simulasi 3D Factory I/O dan HMI Kinco melalui protokol Modbus RTU (RS485).	Penelitian ini sudah mensimulasikan sistem pergudangan kompleks mulai dari rak warehouse, stacker crane dan konveyor. Namun, masih menggunakan konfigurasi kendali yang

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
			<i>Storage Warehouse"</i>	Penelitian ini berfokus pada pengujian variabel input analog (potensiometer) untuk mengatur kecepatan konveyor guna menganalisis efisiensi waktu dan kapasitas penyimpanan barang secara <i>real-time</i> .	sederhana dengan satu PLC Siemens S7-1200 sehingga belum merepresentasikan kompleksitas integrasi antar-mesin di industri.
3	2024	Hascal, Muvitto Ramadhan i, dkk.	Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro – "Implementasi PLC dan Factory IO Pada Sistem Otomasi Dual Conveyor Pemisah Logam"	Mengintegrasikan PLC Siemens S7-1200 dengan simulasi Factory I/O untuk merancang sistem pemilah material logam dan non-logam secara <i>real-time</i> . Logika kendali diproses melalui TIA Portal	Penelitian masih menggunakan pengendali tunggal (<i>single controller</i>) dan belum dilengkapi sistem monitoring berbasis SCADA. Selain itu, sistem bersifat mandiri sehingga belum menguji integrasi antara unit.

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
				dengan memanfaatkan sensor induktif untuk memisahkan objek pada jalur konveyor ganda.	
4	2025	Nowakowski, Waldemar dan Bojarczjak, Piotr	Journal of Automation ,Electronics, and Electrical Engineering – <i>“Simulation of Automatic Control Systems In The Factory I/O Platform”</i>	Implementasi <i>Digital Twin</i> menggunakan simulasi virtual terintegrasi antara TIA Portal (PLCSIM) dan Factory I/O untuk memvalidasi logika kontrol pada lini produksi otomatis.	Sistem bersifat simulasi murni (virtual) tanpa melibatkan perangkat keras PLC fisik dan belum dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis SCADA.
5	2021	Hidayat, Gilang Ramadhan i dan Itmi Hidayat Kurniawan	Jurnal Riset rekayasa Elektro – <i>“Simulasi Alat Pengisi Barang Dan Pengepakan Barang Menggunakan Factory IO”</i>	Simulasi otomatisasi alat pengisi dan pengepakan barang menggunakan logika internal <i>Control I/O</i> pada <i>platform</i>	Sistem yang dibangun dalam simulasi sebetulnya merupakan system kompleks terdiri dari automated Warehouse, Konveyor dan lifter. Namun unit kendali

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
				Factory I/O untuk memvalidasi alur kerja sistem secara visual 3D.	pada penelitian ini hanya menggunakan control I/O tanpa PLC maupun SCADA.
6	2025	Setiana, hatib, dkk	Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan – “Otomasi Sortir Warna dan Berat Berbasis PLC Dengan Pencitraan Factory I/O”	Integrasi PLC Siemens S7-1200 dan Factory I/O untuk otomasi pemilahan barang berdasarkan berat dan warna menggunakan sensor visi dan <i>load cell</i> yang diprogram melalui TIA Portal.	Penelitian ini menggunakan pengendali tunggal serta belum dilengkapi sistem monitoring SCADA
7	2024	Rudiansyah, Hendy, dkk.	Jurnal Teknik Energi Elektrik – “Sistem SCADA Plant Testing Station dan Separating Station menggunakan SIMATIC WinCC”	Implementasi sistem SCADA SIMATIC WinCC V7 pada stasiun kerja MPS (<i>Testing</i> dan <i>Separating</i>) menggunakan protokol TCP/IP untuk fungsi monitoring, kontrol, dan	Penelitian ini menggunakan perangkat keras seri lama (S7-300), berdasarkan hasil pengujian yang tercantum pada jurnal penelitian, masih terdapat <i>delay</i> transfer data antara PLC dan WinCC di atas 100 ms.

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
				pengarsipan data.	
8	2025	Muharam, Adam Risky, dkk	Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro – “Integrasi Sistem PLC Multi-Merek Menggunakan Protokol Modbus TCP/IP”	Integrasi PLC multi-merek (Siemens & Schneider) menggunakan protokol Modbus TCP/IP dengan arsitektur Client-Server untuk optimasi pemetaan register data.	Penggunaan Protokol Modbus TCP/IP cenderung memiliki respon yang lambat, belum dilengkapi dengan sistem monitoring SCADA, dan tidak menggunakan simulasi 3D (<i>Digital Twin</i>) untuk validasi pergerakan mekanis sistem
9	2024	Rusydi, Rizky Ichwan.	Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro – “Rancang Bangun Sistem SCADA pada Prototype Multiplant Berbasis PLC”	Implementasi sistem SCADA untuk kontrol dan pemantauan dua <i>plant</i> sekaligus menggunakan PLC sebagai RTU yang terhubung ke HMI melalui jaringan Wi-Fi.	Penelitian ini menggunakan Wi-Fi sebagai protocol komunikasi, hal ini berisiko pada stabilitas data industri,
10	2025	Nurzeha, Nanda Afrian, dkk	Prosiding Seminar Nasional	Implementasi komunikasi	Penelitian ini menggunakan konfigurasi

No	Tahun	Penulis	Jurnal	Metode	Kelemahan
			Teknik Elektro – “Implementasi SCADA pada Sistem PLC Multivendor Berbasis Modbus TCP/IP”	<i>Master-Slave</i> lintas merek (Siemens S7-1200 & Schneider) menggunakan protokol Modbus TCP/IP untuk kendali simulator level air.	alamat data lebih rumit karena perbedaan merek PLC, menggunakan hardware seri menengah/lama, dan belum mengintegrasikan simulasi <i>Digital Twin</i> 3D serta sistem monitoring SCADA tingkat lanjut.

2.2. MES-SMI-C205

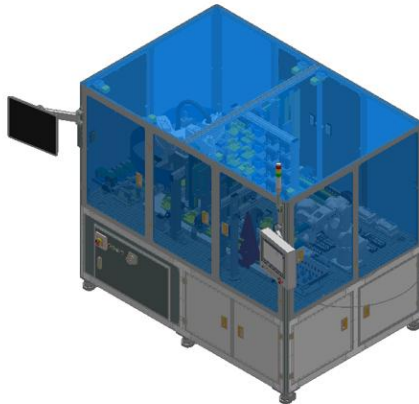
2.2.1. Smart Manufacturing Industry

Smart Manufacturing (SM) merupakan konsep sistem manufaktur yang terintegrasi dan bersifat kolaboratif, di mana seluruh elemen produksi saling terhubung dan mampu merespons perubahan kondisi serta kebutuhan produksi secara *realtime*. Smart Manufacturing menerapkan pendekatan berbasis teknologi dengan memanfaatkan mesin yang terhubung ke jaringan internet serta penggunaan perangkat keras modern untuk memantau proses produksi. Penerapan konsep ini bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas sistem, mengoptimalkan kinerja produksi, serta membantu pekerja dalam aktivitas operasional sehari-hari melalui penerapan metode baru dalam interaksi manusia dan komputer. [2] Teknologi utama dalam smart manufacturing memiliki peran yang menyerupai kemampuan pekerja manusia, yaitu melakukan pengawasan dan pengendalian proses, menganalisis kondisi produksi, serta menjalankan pekerjaan yang bersifat rutin. Melalui penerapan teknologi ini, proses produksi dapat berjalan secara otomatis dan terkontrol, sehingga tingkat konsistensi hasil produksi menjadi lebih terjaga dibandingkan dengan metode konvensional. [1]

2.2.2. MES-SMI-C205

MES-SMI-C205 merupakan sebuah sistem trainer otomasi industri yang diproduksi oleh PT Vortex MES dan digunakan sebagai media pembelajaran untuk

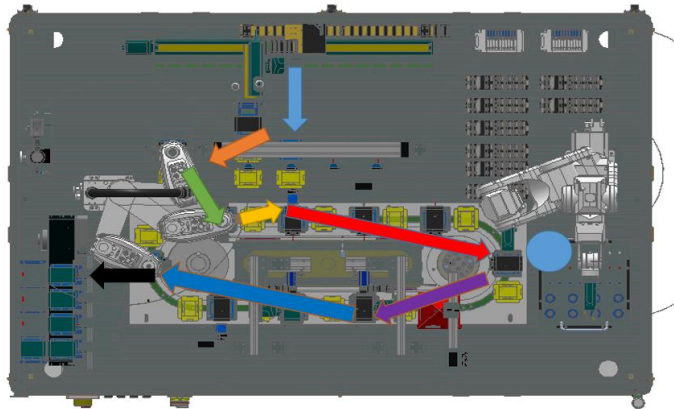
mensimulasikan proses manufaktur terintegrasi. Sistem ini dirancang menyerupai kondisi di industri dengan menggabungkan beberapa komponen utama, seperti *warehouse system*, sistem konveyor, robot *single axis*, robot SCARA, robot *six axis*, serta pengendalian berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) Siemens. [3]



Gambar 1. MES-SMI-C205. Diadaptasi dari [3].

Pada MES-SMI-C205, proses diawali dari *warehouse system* yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan dan pengambilan produk secara otomatis. Sistem ini menggunakan tiga robot *single axis* yang bergerak pada sumbu X, Y, dan Z untuk memindahkan produk dari area penyimpanan ke area proses. Proses pemindahan dan penjepitan produk dilakukan menggunakan *pneumatic gripper* dan *electric gripper*, di mana pemilihan jenis *gripper* disesuaikan dengan kebutuhan proses, seperti perakitan dan penyusunan produk. [3]

Sistem konveyor berperan sebagai media transportasi utama antar stasiun kerja. Konveyor dilengkapi dengan beberapa *cavity* yang akan berhenti pada stasiun tertentu untuk dilakukan proses *loading*, *unloading*, dan perakitan. Salah satu stasiun penting adalah *station cover assembly*, yaitu stasiun perakitan penutup produk yang menggunakan dua robot *single axis* secara paralel sehingga waktu proses menjadi lebih singkat dan efisien. [3]



Gambar 2. MES-SMI-C205 Machine Flow Process. Diadaptasi dari [3].

Gambar 2. MES-SMI-C205 Machine Flow Process menunjukkan alur proses dari MES-SMI-C205. Seluruh rangkaian proses pada MES-SMI-C205 dikendalikan oleh PLC Siemens SIMATIC S7-1500 yang diprogram menggunakan TIA Portal V17. PLC berfungsi untuk mengatur logika kontrol, mengoordinasikan pergerakan konveyor dan robot, serta mengelola sinyal input dan output sistem. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan fitur keselamatan kerja, seperti *emergency stop* dan pengamanan area kerja robot, sehingga mendukung penerapan prosedur keselamatan sesuai dengan praktik otomasi industri. [3]

Berdasarkan konfigurasi tersebut, MES-SMI-C205 dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran untuk memahami integrasi sistem mekanik, elektrik, pneumatik, dan kontrol, serta memberikan gambaran nyata mengenai alur proses manufaktur otomatis yang umum diterapkan di lingkungan industri. [3]

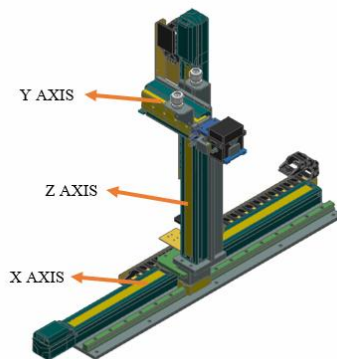
2.3. Automated Storage and Retrieval System (ASRS)

Automated Storage and Retrieval System (ASRS) merupakan sistem penyimpanan dan pengambilan barang otomatis yang dikendalikan melalui perangkat komputer. ASRS memanfaatkan aplikasi perangkat lunak untuk mengelola data persediaan, memantau posisi barang, serta mengatur dan mengoptimalkan proses penyimpanan dan pengambilan. Penerapan sistem ASRS memberikan berbagai keuntungan, antara lain peningkatan pengendalian inventaris serta pemanfaatan waktu, ruang, dan peralatan yang lebih efisien. Secara umum, sistem ASRS terdiri dari rak penyimpanan bertingkat, *stacker crane*, stasiun input/output, dan komputer pengawas pusat yang saling terintegrasi

untuk menjamin proses penyimpanan dan pengambilan barang berjalan dengan cepat dan akurat. [4]

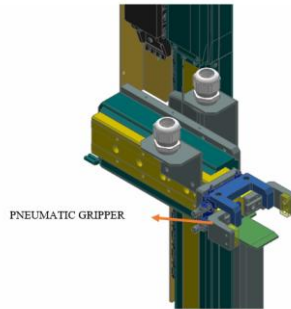
ASRS memiliki dua fungsi utama: *Storage* (penyimpanan) dan *Retrieval* (pengambilan). Fokus pada penelitian ini ditekankan pada fungsi *retrieval*, yaitu kemampuan sistem untuk mencari, mengambil, dan mengeluarkan barang dari sel penyimpanan secara presisi berdasarkan perintah dari SCADA, kemudian mengantarkannya ke titik *interface* dengan sistem konveyor. Pada mesin MES-SMI-C205, Sistem ASRS terbagi menjadi 2 bagian utama diantaranya adalah:

1. *Single Axis Robot*, pada bagian ini, proses pengambilan barang dilakukan dengan bantuan tiga buah *single axis robot*. Masing-masing robot merepresentasikan koordinat X, Y, dan Z untuk mendukung pergerakan pengambilan secara presisi. [3]



Gambar 3. *Single Axis Robot*. Diadaptasi dari [3].

2. *Pneumatic Gripper*, merupakan alat penjepit yang bekerja menggunakan tekanan udara untuk menahan dan memindahkan benda kerja selama proses berlangsung. [3]



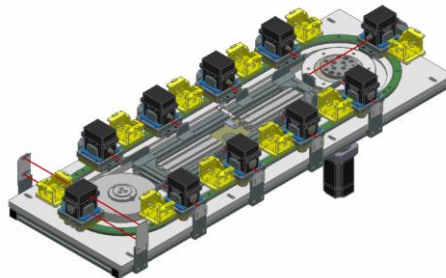
Gambar 4. *Pneumatic Gripper*. Diadaptasi dari [3].

2.4. Konveyor

Konveyor merupakan suatu sistem mekanik yang berfungsi untuk mengangkat atau memindahkan material secara berkesinambungan dan otomatis dari satu tempat ke tempat lainnya. [5]

Pada SMI C205, proses perpindahan produk dilakukan dengan memanfaatkan sistem konveyor sebagai media transportasi utama.

Konveyor tersebut memiliki 10 cavity yang akan berhenti secara bergantian di setiap stasiun. Aktivitas bongkar dan muat pada stasiun ditangani oleh robot SCARA, sementara proses perakitan dilaksanakan oleh robot enam sumbu serta robot satu sumbu. [3]



Gambar 5. Konveyor Pada MES-SMI-C205. Diadaptasi dari [3]

Pada simulasi ini, konveyor berfungsi sebagai media transportasi yang menerima muatan dari ASRS. Logika kontrol pada konveyor harus memastikan bahwa konveyor berhenti pada posisi yang tepat (*loading station*) dan

memberikan sinyal 'Ready to Load' sebelum ASRS meletakkan barang, guna mencegah kerusakan mekanis atau kesalahan posisi

2.5. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat kontrol digital yang menggunakan mikroprosesor sebagai inti pemrosesannya dan dirancang khusus untuk mengendalikan serta mengotomatisasi berbagai proses di lingkungan industri. [6] PLC berfungsi sebagai pusat kendali utama dalam mesin produksi atau sistem kontrol, di mana di dalamnya tersimpan dan dijalankan program yang mengatur seluruh proses kerja sistem tersebut. [7]

PLC dikenal memiliki fleksibilitas tinggi dalam proses pemrograman, kemudahan dalam pemeliharaan dan pengembangan, tingkat keandalan yang baik, serta kemampuan untuk terintegrasi dengan berbagai perangkat lain dalam sistem otomasi industri. [7]

2.5.1. PLC SIEMENS S7-1500

Sistem MES-SMI-C205 merupakan salah satu modul pembelajaran smart manufacturing yang mengintegrasikan beberapa subsistem otomasi, seperti sistem konveyor, Automated Storage and Retrieval System (ASRS), serta sistem kendali dan monitoring terpusat. Dalam pengoperasiannya, MES-SMI-C205 menggunakan Programmable Logic Controller (PLC) Siemens SIMATIC S7-1500 sebagai pengendali utama untuk mengatur alur proses, pengolahan sinyal sensor, serta komunikasi dengan sistem Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA).



Gambar 6. PLC S7-1500-CPU. Dialadaptasi dari [8].

PLC Siemens SIMATIC S7-1500 merupakan pengendali industri berperforma tinggi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan otomasi modern sekaligus mendukung prinsip keberlanjutan. Seri PLC ini memiliki peningkatan kinerja pemrosesan yang signifikan disertai dengan pengurangan konsumsi daya, sehingga menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik dibandingkan generasi sebelumnya. Selain itu, desain S7-1500 mengadopsi penggunaan material rendah karbon dan material sekunder berbasis bio-sirkular, serta pengurangan bobot produk melalui integrasi fungsi dan eliminasi komponen yang tidak diperlukan. [8]

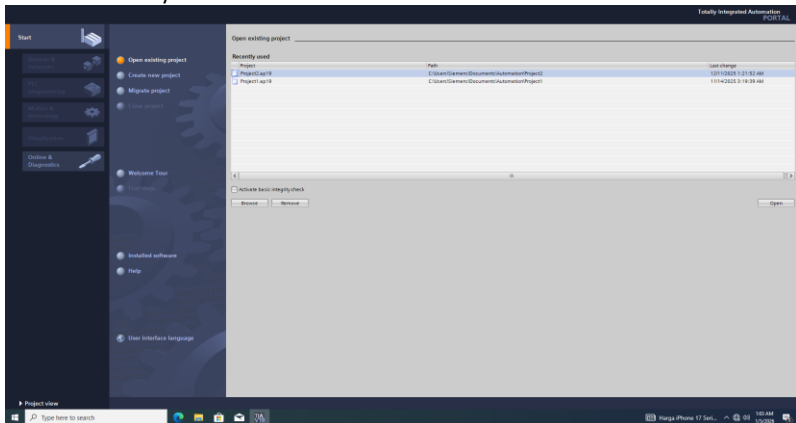
Dari sisi keandalan dan pemeliharaan, PLC Siemens S7-1500 dirancang dengan konsep maintenance-free, tanpa komponen bergerak, sistem pendinginan pasif, dan tanpa baterai, sehingga meningkatkan keandalan operasi jangka panjang. Dukungan pembaruan firmware memungkinkan peningkatan fungsi dan perbaikan sistem tanpa perlu penggantian perangkat keras, sementara ketersediaan layanan perbaikan dan suku cadang memastikan kemudahan perawatan. [8]

Dengan karakteristik tersebut, PLC Siemens SIMATIC S7-1500 sangat sesuai digunakan sebagai pengendali utama pada MES-SMI-C205, khususnya dalam mendukung integrasi sistem SCADA, ASRS, dan konveyor. Fleksibilitas pemrograman, kemampuan integrasi yang tinggi, efisiensi energi, serta desain yang berorientasi pada keberlanjutan menjadikan PLC ini relevan untuk penerapan sistem otomasi industri modern dan sebagai objek kajian dalam Tugas Akhir ini.

2.5.2. TIA Portal 19

Pembuatan program PLC pada Tugas Akhir ini dilakukan menggunakan perangkat lunak TIA Portal. TIA Portal merupakan perangkat lunak pengembangan terintegrasi yang digunakan untuk merancang, memprogram, dan mengimplementasikan sistem otomasi industri. Perangkat lunak ini mendukung perancangan sistem kontrol serta antarmuka yang umum diterapkan di lingkungan industri. Dengan kemampuan tersebut, TIA Portal memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas kinerja sistem industri. [9]

Pada penelitian ini, perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan dan pengujian program PLC adalah TIA Portal versi 19. Perangkat lunak ini dimanfaatkan untuk merancang logika kontrol PLC, melakukan simulasi sistem, serta mengembangkan antarmuka SCADA yang digunakan dalam integrasi sistem ASRS dan konveyor.



Gambar 7. Tampilan awal perangkat lunak TIA Portal versi 19

Gambar 7 memperlihatkan tampilan awal TIA Portal versi 19 yang digunakan sebagai lingkungan pengembangan program PLC dan SCADA pada penelitian ini.

2.6. SCADA

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) merupakan sistem kendali industri berbasis komputer yang berfungsi untuk melakukan pemantauan, pengendalian, serta pengumpulan data dari suatu plant. Dalam konsep sistem kontrol, *supervisory control* tidak berperan sebagai pengendali utama secara langsung, melainkan berfungsi pada tingkat pengawasan dan koordinasi operasi. Dengan demikian, fungsi kendali utama tetap dijalankan oleh PLC atau pengendali

lain, sedangkan SCADA berperan sebagai sistem pendukung yang bersifat koordinatif dan sekunder. [10]

Pengembangan sistem SCADA dapat dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak WinCC Runtime Advanced yang tersedia pada menu *PC systems* di TIA Portal versi 19. WinCC Runtime Advanced merupakan platform SCADA berbasis PC yang berfungsi sebagai antarmuka antara operator dan sistem otomasi. Melalui WinCC Runtime Advanced, proses monitoring dan pengendalian sistem dapat dilakukan dengan menampilkan data operasi secara *real-time*, kondisi peralatan, serta status proses yang dikendalikan oleh PLC. Keberadaan SCADA dalam sistem otomasi industri memungkinkan proses pengawasan berjalan lebih terstruktur dan terintegrasi, sehingga mendukung peningkatan efisiensi dan keandalan operasi system dengan dibangunnya HMI dan Database.

2.6.1. HMI

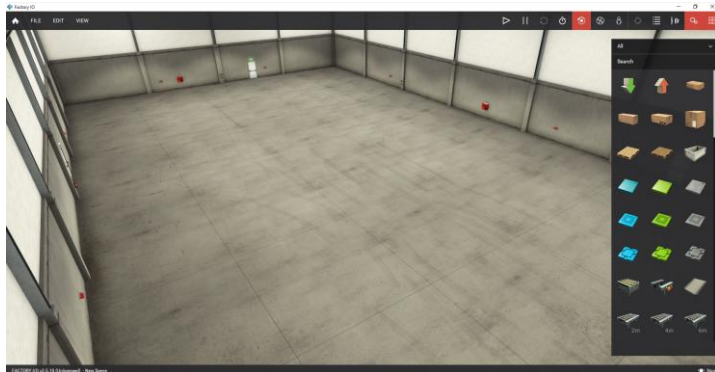
HMI (*Human Machine Interface*) merupakan sebuah perangkat tambahan yang memudahkan manusia membaca dan memanipulasi kerja PLC. Yang dimaksud pembacaan disini adalah manusia selaku pengguna PLC bisa membaca dan menulis di memori/alamat yang ada di PLC. Dengan HMI proses pengendalian divisualisasi dengan tampilan yang animatif, dan mudah dimengerti. Sistem HMI bekerja secara *online*, sehingga data yang tertampil dan yang tertulis akan bersifat real time. Arus komunikasi data memungkinkan memakai berbagai metode komunikasi, seperti menggunakan port serial, USB, bahkan ethernet. [11]

2.6.2. Database

Database merupakan sekumpulan data yang saling berhubungan. Hubungan antar data dapat ditunjukkan dengan adanya field/kolom kunci dari setiap file/tabel yang ada. [11] Dalam arsitektur *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) yang terintegrasi dengan *Programmable Logic Controller* (PLC), database memiliki peran sekunder namun krusial, yaitu sebagai media penyimpanan data historis (*historical data logging*).

2.7. Factory I/O

Factory IO merupakan perangkat lunak simulasi interaktif yang dirancang sebagai media pembelajaran pada bidang otomasi industri. Perangkat lunak ini menyediakan lingkungan virtual yang memungkinkan pengguna melakukan simulasi dan pengujian berbagai skenario proses industri. [12]



Gambar 8. Antarmuka software Factory I/O

Gambar 8 menunjukkan antarmuka software factory I/O yang merupakan sebuah gudang kosong virtual. Factory I/O yang akan digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah Factory I/O v2.5.8.

2.8. Analisa Statistik Deskriptif

Analisis statistik merupakan proses pengolahan data yang mencakup tahap pemeriksaan, pembersihan, transformasi, pengolahan, serta pemodelan data. Proses ini bertujuan untuk memperoleh informasi yang relevan dan bermakna sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam penarikan kesimpulan maupun pengambilan keputusan. [13] Dalam ilmu statistika, metode analisis data secara umum dikelompokkan ke dalam dua jenis, yaitu analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Selanjutnya, analisis kuantitatif terbagi lagi menjadi dua pendekatan utama, yaitu statistik deskriptif dan statistik inferensial. [14].

Sebagai bagian utama dari statistik deskriptif, ukuran pemusatan data digunakan untuk menentukan satu nilai tunggal yang dapat mewakili pusat atau karakteristik umum dari kumpulan dataset yang diuji. Nilai pemusatan ini mencakup rata-rata (mean) yang diperoleh dari penjumlahan seluruh nilai dibagi jumlah sampel untuk melihat tren umum pada distribusi normal, nilai tengah (median) dari data yang telah terurut, serta modus sebagai nilai dengan frekuensi kemunculan tertinggi. [15]

Pelaksanaan tugas akhir ini menggunakan metode analisis deskriptif. Analisis statistik deskriptif digunakan untuk menyajikan data hasil pengujian secara kuantitatif, penyajian dalam bentuk tabel *Classification Model Performance*.

Tabel 2. Classification Model Performance

True Label	Estimate	Result	Assessment
Yes	Yes	Success	True Positive (TP)
No	No	Success	True Negatif (TN)
No	Yes	Failure	False Positive (FP)
Yes	No	Failure	False Negative (FN)

Hasil klasifikasi tersebut kemudian disajikan dalam bentuk *confusion matrix* yang menggambarkan hubungan antara kondisi aktual dan hasil keluaran sistem. *confusion matrix* yang diperoleh, dilakukan perhitungan nilai akurasi sebagai indikator utama kinerja sistem. Nilai akurasi dihitung menggunakan rumus perbandingan antara jumlah klasifikasi yang benar terhadap total data pengujian. Berikut rumus *accuracy* yang akan digunakan.

$$Akurasi(\%) = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \times 100\% \quad (1)$$

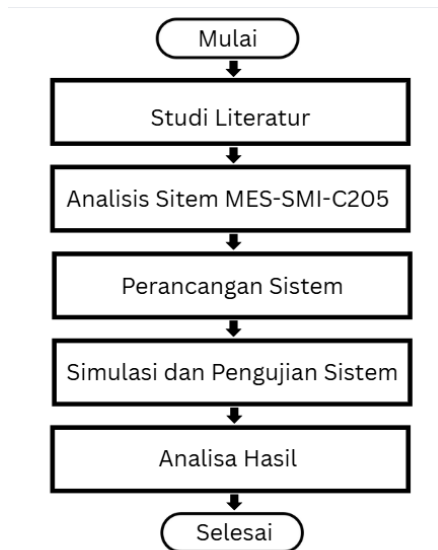
Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan

Perancangan sistem pada Tugas Akhir ini mencakup perancangan tahapan penelitian, perancangan perangkat keras secara virtual, serta perancangan perangkat lunak yang mengintegrasikan TIA Portal dan Factory I/O. Seluruh proses perancangan dilaksanakan dalam bentuk simulasi untuk merepresentasikan kondisi kerja sistem ASRS dan konveyor pada MES-SMI-C205 secara nyata dalam lingkungan tiga dimensi.

3.1.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis untuk memastikan tujuan penelitian tercapai. Tahapan penelitian pada Tugas Akhir ini meliputi:



Gambar 9. Diagram Alur Tahapan Penelitian

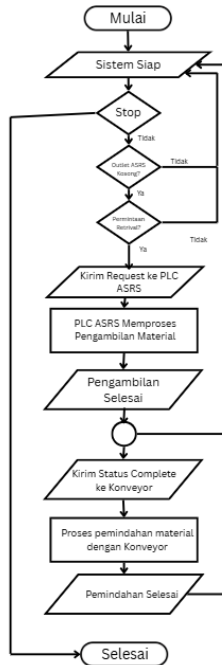
Berikut disajikan penjelasan singkat mengenai setiap tahapan yang terdapat pada diagram alir pada Gambar 9, yang menggambarkan urutan proses penelitian mulai dari tahap awal hingga tahap akhir secara sistematis:

- a. Mulai
Tahap inisiasi penelitian sebagai awal pelaksanaan seluruh rangkaian kegiatan Tugas Akhir.
- b. Studi Literatur
Dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan referensi teknis terkait terkait PLC, SCADA, ASRS, serta integrasi Factory I/O dengan TIA Portal.
- c. Analisis Sistem MES-SMI-C205
Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi alur proses, fungsi tiap subsistem, serta kebutuhan input dan output yang digunakan sebagai dasar perancangan simulasi. Kegiatan ini meliputi proses membaca buku panduan (*manual book*) mesin MES-SMI-C205 serta melakukan observasi langsung terhadap *station Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) dan sistem Konveyor pada mesin tersebut.
- d. Perancangan Sistem
Tahap ini meliputi pembuatan model 3D di Factory I/O, perancangan arsitektur komunikasi multi-PLC, dan pengembangan antarmuka SCADA
- e. Simulasi dan Pengujian Sistem
Simulasi dan pengujian dilakukan untuk memverifikasi logika kontrol dengan menghubungkan TIA Portal ke Factory I/O melalui *driver* Siemens S7-1200/S71500 untuk mengamati pergerakan mekanik virtual.
- f. Analisa Hasil
Analisis hasil dilakukan untuk mengevaluasi ketepatan sinkronisasi antara ASRS dan konveyor berdasarkan visualisasi simulasi.
- g. Selesai
Tahap akhir penelitian yang ditandai dengan penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan Tugas Akhir.

3.1.2. Perancangan Sistem

3.1.2.1. Alur Sistem

Alat yang dibuat harus mampu melaksanakan dua tugas yakni mengambil barang dan mendistribusikannya pada jalur konveyor.



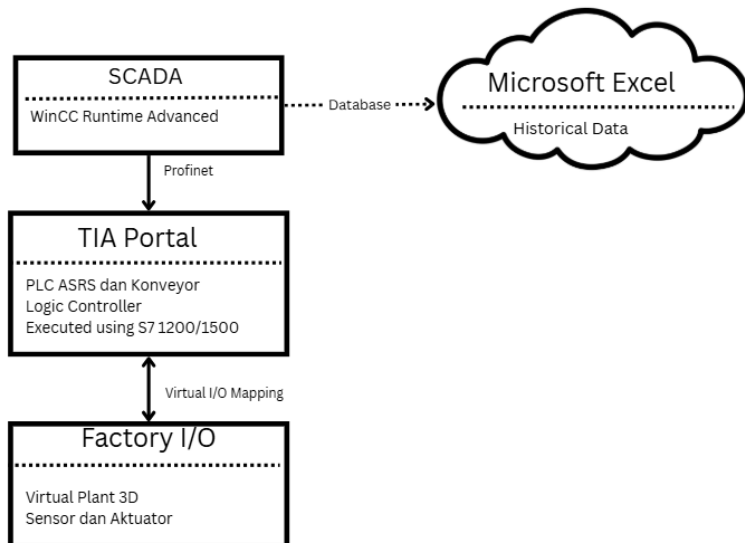
Gambar 10. Flowchart Sinkronisasi PLC Konveyor dan ASRS

Flowchart yang dirancang menggambarkan alur kerja sistem *Automated Storage and Retrieval System* (ASRS) pada proses *retrieval* material. Proses dimulai ketika sistem berada dalam kondisi siap. Sebelum mengeksekusi instruksi kerja, program secara sekuensial melakukan pengecekan keamanan (*safety interlock*) dengan mendeteksi keberadaan material di *outlet* ASRS. Pengecekan dilakukan guna memastikan tidak ada material tertinggal yang berpotensi memicu benturan (*collision*). Jika area tersebut terdeteksi masih terisi, aliran program akan dikunci dan dikembalikan ke atas menuju kondisi *Sistem Siap*, namun jika area terbukti kosong, program melanjutkan ke tahap pemindaian permintaan *retrieval*. Begitu permintaan terdeteksi maka sistem mengirimkan perintah ke PLC ASRS untuk memproses pengambilan material sampai proses pengambilan selesai.

Kunci dari reduksi waktu tunggu pada sistem ini terletak pada titik percabangan lingkaran (*connector loop*) yang berada tepat setelah proses pengambilan oleh ASRS dinyatakan selesai. Pada titik konveksi ini, aliran data dipecah menjadi dua jalur simultan. Jalur pertama secara instan melakukan *looping* balik (panah ke kanan lalu ke atas) menuju kondisi *Sistem Siap* agar

kontroler ASRS dapat memulai start untuk memindai antrian material berikutnya tanpa jeda kaku. Secara bersamaan, jalur kedua meneruskan instruksi ke bawah melalui blok 'Kirim Status *Complete* ke Konveyor' untuk memicu proses pemindahan material dengan konveyor di area hilir. Siklus independen dari subsistem transportasi ini kemudian bergerak membawa material menuju tujuan akhir hingga mencapai parameter pemindahan selesai. Setelah proses pemindahan selesai sistem akan dikembalikan ke posisi siap sehingga konveyor akan kembali bergerak begitu sinyal komplit dari ASRS kembali terbaca. Untuk menghentikan berhenti dari sistem yang looping disediakan satu instruksi stop yang akan mengakhiri seluruh proses baik ASRS maupun Konveyor..

3.1.2.2. Integrasi Data



Gambar 11. Blok Diagram integrasi Data

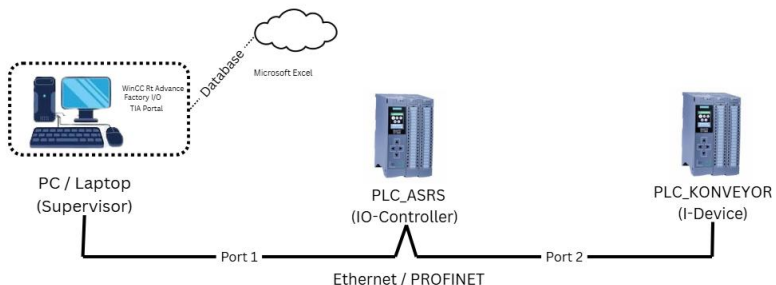
Gambar 11. diagram blok integrasi data menunjukkan bagaimana berbagai platform perangkat lunak yang berbeda fungsi disatukan agar dapat saling bertukar data secara simultan. Integrasi data di dalam diagram blok ini diawali dari blok SCADA *WinCC Runtime Advanced* di tingkat atas yang terhubung dengan blok pengontrol logika *TIA Portal* memanfaatkan jalur komunikasi Profinet.

Selanjutnya, data dari blok *TIA Portal* diintegrasikan secara dua arah dengan blok simulasi pabrik pada *Factory I/O* melalui mekanisme Virtual I/O Mapping untuk menyinkronkan sinyal sensor dan aktuator secara *real-time*. Sebagai muara akhir dari diagram blok ini, fitur *Historical Data* pada SCADA mengintegrasikan sistem pengawasan dengan blok Microsoft Excel guna pencatatan riwayat laporan operasional secara otomatis.

3.1.3. Perancangan dan Konfigurasi Hardware

3.1.3.1. Perancangan Topologi Jaringan Hardware

Meskipun tidak menggunakan alat fisik secara langsung, perancangan dan Konfigurasi *hardware* sistem tetap mengacu pada standar industri berbasis *Ethernet*. Sistem yang dikembangkan melibatkan dua unit Virtual PLC Siemens S7-1500 yang berfungsi sebagai pengendali utama proses. Lingkungan *plant* fisik direpresentasikan oleh *Factory I/O* sebagai media simulasi yang menyediakan sensor dan aktuator virtual dalam bentuk model tiga dimensi. Seluruh ekosistem simulasi, yang mencakup pemograman PLC, SCADA, dan *Factory I/O*, dijalankan pada satu unit PC atau laptop sehingga memungkinkan integrasi dan pengujian sistem otomatisasi secara terpusat.



Gambar 12. Topologi Jaringan Daisy Chain Sistem ASRS dan Konveyor

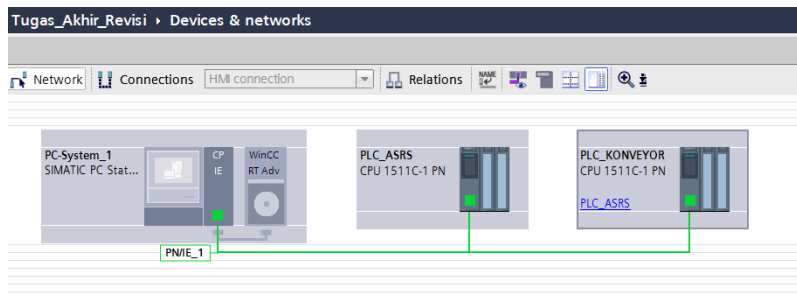
Gambar 12, menunjukkan skema arsitektur topologi jaringan fisik (*hardware*) dan pembagian peran logika perangkat yang dirancang pada sistem. Hubungan komunikasi antarperangkat diintegrasikan menggunakan topologi Daisy Chain (Line Topology) berbasis protokol Ethernet/PROFINET. Pengkabelan dilakukan secara estafet dari PC/Laptop menuju *Port 1* pada PLC_ASRS, kemudian diteruskan melalui *Port 2* (menggunakan *embedded switch* bawaan PLC Siemens) langsung menuju ke PLC_KONVEYOR tanpa memerlukan perangkat Industrial Ethernet Switch eksternal.

PC berperan sebagai *supervisor level*, berfungsi Menjalankan *WinCC RT Advanced* untuk antarmuka operator (HMI), di mana pemilihan slot penyimpanan ASRS ditentukan melalui *scene* visual pada layar ini. PC juga menjalankan *Factory I/O* sebagai simulator pabrik virtual, *TIA Portal* untuk monitoring program, serta mengelola pencatatan data ke database berbasis *Microsoft Excel*.

PLC_ASRS bertindak sebagai master jaringan komunikasi PROFINET (PROFINET IO-Controller). Perangkat ini menginisiasi komunikasi, mengatur siklus pertukaran data, dan memetakan alamat memori dari perangkat slave di bawahnya. Sementara PLC_Konveyor bertindak sebagai *Intelligent Device* (I-Device), yaitu perangkat *slave* pintar yang terhubung langsung ke *IO-Controller* (PLC_ASRS) pada ujung terminal jaringan (*End Node*).

3.1.3.2. Konfigurasi *Hardware*

Topologi jaringan dan *Hardware* yang telah dirancang kemudian direalisasikan secara teknis melalui konfigurasi jaringan dan perangkat menggunakan menu *Devices & Networks* pada TIA Portal. Konfigurasi ini menunjukkan hubungan komunikasi Ethernet antara PC/SCADA dan kedua PLC sehingga memungkinkan pertukaran data dan sinkronisasi proses sesuai dengan rancangan sistem yang telah ditetapkan.



Gambar 13. Tampilan *Devices & Networks* pada TIA Portal

Pada gambar 13, terlihat adanya hubungan antar PLC (*inter-PLC communication*) direalisasikan melalui metode *I-Device* (*Intelligent Device*) berbasis PROFINET. Dalam konfigurasi ini, PLC_ASRS bertindak sebagai *PROFINET IO Controller* (*Master*) yang mengoordinasikan jalannya sistem, sedangkan PLC_KONVEYOR dikonfigurasi sebagai *I-Device* (*Slave*). Konfigurasi *Master-Slave* ini berfungsi untuk memetakan area memori (*Transfer Areas*) secara langsung di antara kedua CPU. Dengan demikian, PLC_ASRS dapat memberikan instruksi dan membaca status dari PLC_KONVEYOR secara instan dan *real-time* seolah-olah

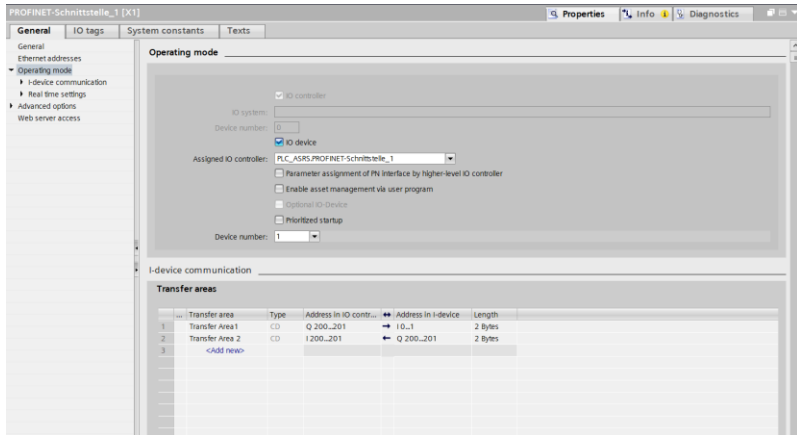
mengakses modul I/O lokal, sementara PLC_KONVEYOR tetap dapat mengeksekusi program internalnya secara mandiri.

Dalam merealisasikan hubungan komunikasi antar *device*, seluruh perangkat wajib dikonfigurasi dalam satu subnet jaringan PROFINET yang sama (IP Subnet sejenis). Hal ini dilakukan melalui menu *Network View* pada TIA Portal dengan menghubungkan port PN/IE dari masing-masing perangkat ke dalam satu segmen jalur *PN/IE_1*. Tabel berikut menunjukkan informasi IP address setiap *device*.

Tabel 3. Data Internet Protocol Properties

No	Device	IP Address	Subnet Mask
1	Laptop / Kartu Jaringan	192.168.2.20	225.225.225.0
2	PC Station (pada TIA Portal)	192.168.2.100	225.225.225.0
3	PLC_ASRS (pada Tia Portal)	192.168.2.10	225.225.225.0
4	PLC_KONVEYOR (pada Tia Portal)	192.168.2.11	225.225.225.0

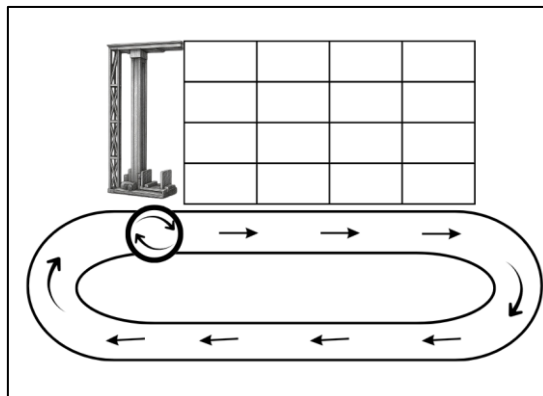
Penyamaan subnet ini merupakan syarat mutlak agar data dapat didistribusikan secara langsung tanpa memerlukan perangkat *routing* tambahan, sehingga interkoneksi data untuk kebutuhan SCADA maupun komunikasi *I-Device* dapat berjalan dengan latensi yang minimal. Selain penyamaan subnet, untuk menjalankan komunikasi *I-device* perlu dilakukan penyesuaian dengan mencentang IO device pada operating mode PLC_Konveyor dan menunjuk PLC ASRS sebagai Master-nya. Selain itu kita juga perlu menetapkan alamat untuk menjadi transfer area yang akan menjadi jalur komunikasi antara kedua PLC. Gambar di bawah ini menunjukkan pengaturan tersebut.



Gambar 14. Setting IO Device.

3.1.4. Perancangan *Virtual Plant*

Sistem dioperasikan secara virtual dengan memanfaatkan perangkat lunak Factory I/O sebagai *virtual plant* untuk mensimulasikan proses pengambilan dan pemindahan barang pada sistem ASRS dan konveyor. Simulasi ini dirancang untuk memodelkan interaksi antara sensor, aktuator virtual, dan logika kendali PLC, sehingga alur transfer material dapat diamati dan diuji secara visual sesuai dengan skenario operasi yang dirancang.

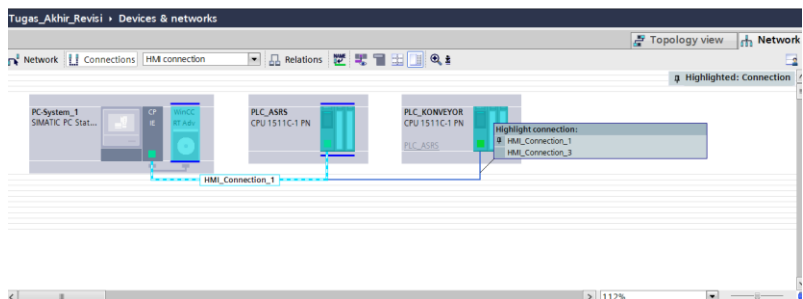


Gambar 15. Design *Virtual Plant*

Agar seluruh program dapat disimulasikan secara terintegrasi menggunakan TIA Portal dan *Virtual Plant*, konfigurasi proteksi pada proyek TIA Portal harus diatur sedemikian rupa guna mengizinkan interaksi data eksternal. Langkah pertama dilakukan dengan mengaktifkan opsi '*Support simulation during block compilation*' pada properti proyek untuk mengizinkan proses kompilasi blok ke dalam lingkungan virtual. Selanjutnya, tingkat keamanan pada setiap perangkat PLC diatur pada mode '*Full access (no protection)*'. Terakhir, pada menu *Connection mechanisms*, opsi '*Permit access with PUT/GET communication from remote partner*' wajib dicentang untuk membuka hak akses komunikasi berbasis S7, sehingga WinCC Runtime Advanced dan *Virtual Plant* dapat membaca serta menulis data ke memori PLC tanpa terblokir oleh sistem keamanan standar.

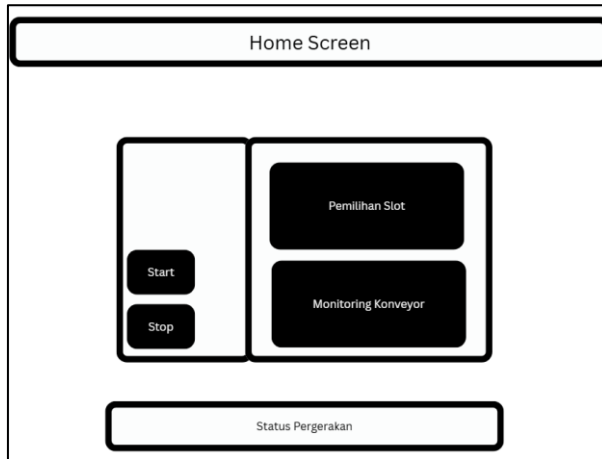
3.1.5. Perancangan Antar Muka HMI

Selain koneksi komunikasi antar PLC, sistem yang dirancang memerlukan komunikasi antara kedua PLC dengan Perangkat PC station tempat dimana WinCC Runtime Advanced berada untuk itu perlu dibangun koneksi jaringan HMI seperti ditunjukkan gambar di bawah ini.



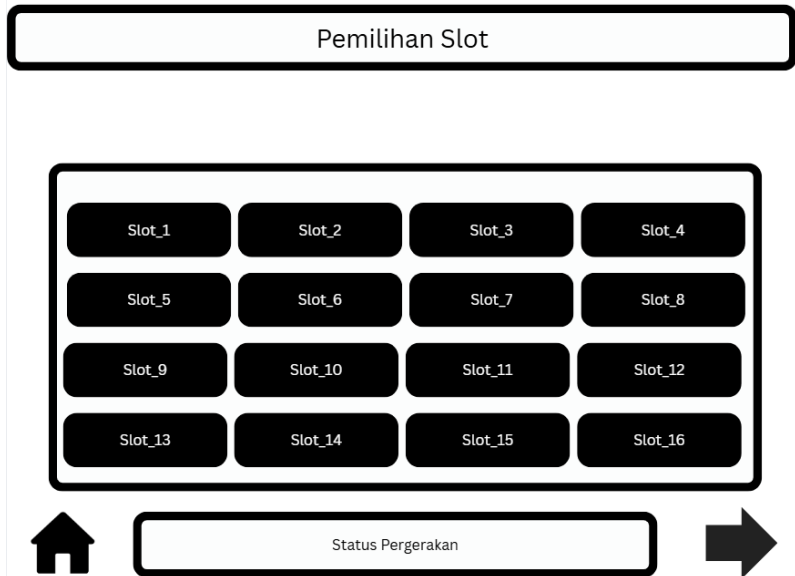
Gambar 16. Koneksi HMI WinCC dan PLC

Sistem yang dibangun memiliki sebuah HMI yang akan digunakan untuk mengontrol dan memonitoring status pergerakan. HMI dibangun dengan menggunakan WinCC Runtime Advanced yang sudah terintegrasi dalam *software* TIA Portal V19. *Interface* yang dibangun memiliki 3 buah *Screen* dengan fungsi yang berbeda-beda, yakni *Home Screen*, *Screen* Pemilihan Slot dan *Screen* Monitoring Konveyor.



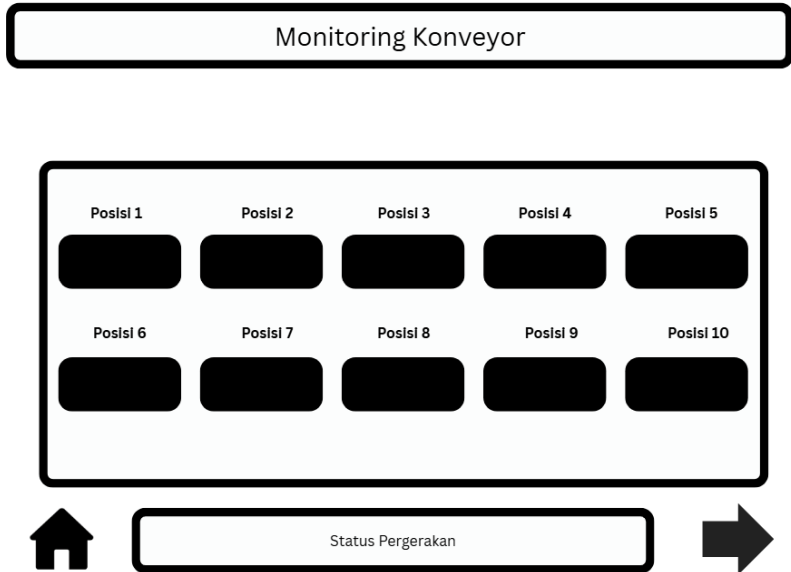
Gambar 17. Design Home Screen HMI

Gambar 17 menunjukkan design halaman *home screen* yang terdiri dari dua panel utama yakni panel kendali mesin yang di dalamnya terdapat dua tombol utama, yaitu tombol *Start* yang berfungsi untuk mengaktifkan atau memulai siklus kerja mesin, dan tombol *Stop* yang berfungsi untuk menghentikan seluruh aktivitas permesinan secara aman. Serta panel kedua merupakan panel navigasi menu yang memuat dua tombol akses navigasi, yakni tombol 'Pemilihan Slot' untuk mengarahkan pengguna ke halaman konfigurasi penempatan material, dan tombol 'Monitoring Konveyor' yang berfungsi membuka halaman visualisasi pemantauan pergerakan konveyor. Selain kedua panel utama tersebut, pada bagian bawah tampilan antarmuka juga dilengkapi dengan bar informasi status pergerakan. Komponen ini berfungsi sebagai indikator visual yang menampilkan status operasional selama mesin bekerja. Pembuatan bar status ini menggunakan kombinasi Element Symbolic IO field dengan Data Blok serta Text and graphic List. Bar status ini akan muncul di setiap screen yang dibuat.



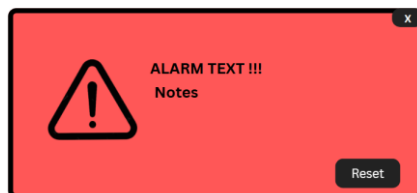
Gambar 18. Design Screen Pemilihan Slot

Gambar 18 merupakan design halaman Pemilihan Slot yang berfungsi sebagai menu konfigurasi bagi operator untuk menentukan target koordinat pengambilan material pada rak penyimpanan. Halaman ini didominasi oleh sebuah panel matriks yang memuat 16 tombol pilihan slot yang disusun secara dengan format grid 4 x 4 dan mengikuti tata letak slot pada rak. Saat *button* Slot_1 di tekan akan menulis atau memerintahkan set Tag *Ambil_Slot_1* dari PLC_ASRS dan akan mereset tag saat direlease. Pada bagian bawah, selain terdapat bar status pergerakan, halaman ini juga dilengkapi dengan tombol berikon rumah di sudut kiri bawah untuk kembali ke *Home Screen*, serta tombol navigasi tanda panah kanan di sudut kanan bawah yang berfungsi untuk memindahkan tampilan ke halaman Monitoring Konveyor.



Gambar 19. Design Screen Monitoring Konveyor

Gambar 19 menunjukkan perancangan antarmuka halaman Monitoring HMI yang sepenuhnya untuk memberikan visualisasi pengawasan (*supervisory*) terhadap posisi aktual material atau pergerakan mekanisme mesin di lapangan. Pada halaman ini terdapat sebuah panel utama yang menyajikan 10 indikator posisi. Komponen indikator ini dirancang untuk berubah warna sebagai representasi visual *real-time* dari sensor yang mendeteksi letak objek pada jalur konveyor. Selaras dengan standardisasi desain sistem ini, bagian bawah halaman tetap dilengkapi dengan bar Status Pergerakan untuk konfirmasi teks operasional, tombol ikon *Home* di sisi kiri bawah untuk mempermudah akses kembali ke menu utama, serta tombol panah navigasi di sisi kanan bawah untuk beralih ke halaman Pemilihan Slot.



Gambar 20. Design Alarm Popup Screen

Setelah merancang tiga tampilan layar utama pada antarmuka *WinCC RT Advanced*, subsistem pengawasan ini juga dilengkapi dengan fitur keamanan berupa jendela pesan darurat (*Pop-up Alarm*). Berbeda dengan ketiga *screen* sebelumnya yang bersifat statis dan diakses manual oleh operator, jendela *pop-up* ini bersifat dinamis dan akan muncul secara otomatis apabila terjadi kegagalan sistem (*fault*). Desain antarmuka *Pop-up Alarm* ditunjukkan pada Gambar 20.

3.1.6. Perancangan Database

Perancangan sistem penyimpanan data (*database*) pada penelitian tugas akhir ini dilakukan untuk merekam seluruh riwayat aktivitas, status operasional konveyor, serta proses pemindahan material secara *real-time*. Sistem penyimpanan ini memanfaatkan fitur Historical Data (pencatatan data historis) yang terintegrasi di dalam perangkat lunak TIA Portal V19 (*WinCC Runtime Advanced*). Data yang dipicu oleh aktivitas *plant* tidak disimpan ke dalam *database* relasional eksternal yang kompleks, melainkan dialihkan secara langsung ke dalam file dengan format *.csv*. hal ini dilakukan agar data dapat diakses dengan menggunakan Microsoft excel. Gambar 21 dibawah ini menunjukan pengaturan historical data pada TIA Portal.

Name	Storage location	Data records	Path	Data source	Name of data source	Logging method	Number of sequen...	Fill level
Data_Proces	CSV file (ASCII)	500	D:\Shell\Automation\Tugas_A...	User-defined		Circular log	10	90

Name	Process tag	Acquisition mode	Logging cycle	High limit	Low limit	Range for logging limits	Com...
Konveyor Ready	KONVEYOR_READY	On change					Konv...
MUIN DRIVE Konveyor Bergerak	MUIN_DRIVE	On change					MUIN...
Pengambilan Barang Selesai	ASRL_FINISH	On change					Peng...
Mengambil Barang di Slot 16	K16	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 15	K15	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 14	K14	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 13	K13	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 12	K12	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 11	K11	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 10	K10	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 9	K9	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 8	K8	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 7	K7	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 6	K6	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 5	K5	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 4	K4	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 3	K3	On change					Meng...
Mengambil Barang di Slot 2	K2	On change					Meng...
Konveyor Selesai	KONVEYOR_FINISH	On change					Konv...
Mengambil Barang di Slot 1	K1	On change					Meng...

Gambar 21. Historical Data Setting

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Software

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa perangkat lunak (*software*) yang perlu disiapkan untuk mendukung proses perancangan dan analisis sistem yang diusulkan, antara lain:

1. Tia Portal V19
2. Factory I/O V2.5.8
3. SIMATIC WinCC Runtime Advanced
4. Microsoft Excel

3.2.2. Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. PLC Siemens S7-1500 sesuai dengan PLC yang terdapat pada mesin MES-SMI-C205
2. Simatic memori card sebagai media penyimpanan program pada PLC Siemens S7-1500
3. Kabel Ethernet Sebagai media untuk mengirimkan sinyal Antar PLC dan PC-PLC

Tabel 4. Estimasi biaya

No.	Alat/bahan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah	Total (Rp.)	Keterangan
1	PLC Siemen S7-1500	Rp. 35,000,000	2	Rp. 70,000,000	Tersedia di Kampus
3	Simatic Memori Card	Rp. 2,700,000	2	Rp. 5,400,000	Tersedia di Kampus
4	Kabel Ethernet	Rp. 30,000	3	Rp. 90,000	Tersedia di Kampus
	Total			Rp. 75,490,000	

3.2.3. Lokasi Penelitian Tugas Akhir

Penelitian ini dilakukan di institusi pendidikan dengan profil dibawah ini:

- Nama Institusi : Politeknik Negeri Batam
Alamat : Jl. Ahmad Yani, Tlk. Tering, Kec. Batam Kota, Kota Batam, Kepulauan Riau 29461
Lokasi Gedung : Ruang Smart Factory, Gedung Teknik Rekayasa Industri Lantai 3.

3.3. Pengujian

Pengujian difokuskan pada validasi model *virtual plant*, logika komunikasi antar PLC, fungsi antarmuka SCADA, serta evaluasi kinerja simulasi dalam merepresentasikan alur material dan integrasi antar subsistem. Seluruh pengujian dilakukan pada lingkungan simulasi menggunakan TIA Portal, Factory I/O, dan WinCC Runtime Advanced.

3.3.1. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian diawali dengan memastikan seluruh perangkat lunak telah terkonfigurasi dan terhubung dengan baik. Factory I/O dikonfigurasi sebagai *virtual plant* yang terhubung ke PLC melalui driver Siemens S7-1200/1500. Program PLC dijalankan pada TIA Portal, sedangkan WinCC Runtime Advanced digunakan sebagai antarmuka SCADA untuk monitoring dan kontrol.

Selama proses pengujian, hasil pengamatan dicatat secara langsung pada tabel pengujian dalam bentuk respon aktual sistem. Data hasil pengujian selanjutnya direkap dan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem secara keseluruhan.

3.3.2. Pengujian Model Virtual Plant

Pengujian model virtual bertujuan untuk memastikan bahwa Factory I/O mampu merepresentasikan sistem ASRS dan konveyor sebagai pengganti *plant* fisik. Pengujian dilakukan dengan mengamati respon sensor dan aktuator virtual terhadap perubahan nilai PLC Tags yang dikendalikan oleh program PLC.

Tabel 5. Pengujian Model Virtual

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
1	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_1	I0.0		Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
2	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_2	I0.1				
3							
4							
5	dst						

Tabel 5 merupakan table uji yang digunakan saat melakukan pengujian model virtual. Pengujian dilakukan dengan mengamati respon visual dari setiap komponen virtual terhadap perubahan nilai PLC Tag yang diberikan oleh sistem kendali. Variabel yang diamati pada pengujian ini adalah hasil visual yang ditampilkan oleh komponen virtual, seperti kondisi aktif atau tidak aktif serta pergerakan aktuator. Hasil visual tersebut kemudian dibandingkan dengan target yang telah ditetapkan untuk menentukan status keberhasilan pengujian. Status digunakan sebagai indikator validitas model virtual dalam merepresentasikan perilaku sistem ASRS dan konveyor sesuai dengan perancangan.

3.3.3. Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC

Pengujian logika dan komunikasi antar dua PLC Siemens S7-1500 dilakukan untuk memastikan proses pemindahan transfer informasi antara sistem ASRS dan Konveyor berjalan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memberikan input pada PLC konveyor dan mengamati respon yang dihasilkan oleh PLC ASRS maupun sebaliknya melalui mekanisme pertukaran PLC Tag.

Tabel 6. Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC

No	PLC ASRS		PLC Konveyor		Hasil Visual	Status
	PLC Tag	Address	PLC Tag	Address		
1	Station_1(To-Konveyor)	Q200.0	Station_1	I0.0	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
2	Station_2(To-Konveyor)	Q200.1	Station_2	I0.1	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
3						
4	...					
5	Dst					

3.3.4. Pengujian Antarmuka SCADA

Pengujian antarmuka SCADA dilakukan untuk memastikan bahwa TIA Portal mampu menampilkan status operasional sistem dan melakukan pengendalian proses secara *real-time*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai PLC Tag pada TIA

Portal dengan tampilan yang muncul pada antarmuka SCADA. Berikut ini adalah tabel uji yang akan digunakan saat pengujian antar muka SCADA:

Tabel 7. Pengujian Antarmuka SCADA

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
1	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_1	I0.0	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
2	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_2	I0.1	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
3							
4							
5							

3.3.5. Pengujian Database

Pengujian database dilakukan untuk memastikan setiap tag terpilih dapat termonitoring dengan baik. Skema yang dilakukan adalah memastikan saat tag terpilih aktif database mencatat perubahannya. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai PLC Tag pada TIA Portal dengan nilai yang tercatat pada database. Berikut ini adalah tabel uji yang akan digunakan saat pengujian antar database:

Tabel 8. Pengujian Database

No	HMI Tags	Target	Hasil Visual	Status
1	Konveyor_Ready	Database mencatat perubahan tags	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
2	K1	Database mencatat perubahan tags	Berhasil/Tidak Berhasil	TP/TN/FP/FN
3				
4	...			
5	Dst			

3.3.6. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi

Tahap evaluasi tingkat keberhasilan simulasi dilakukan untuk menilai sistem dalam merepresentasikan alur material dan integrasi antar subsistem. Evaluasi dilakukan dengan merekap hasil pengujian dan dianalisis menggunakan pendekatan statistika deskriptif berupa persentase keberhasilan. Berikut ini merupakan tabel evaluasi kinerja:

Tabel 9. Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi

No	Aspek	Status Hasil Observasi Visual				Presentase (%)
		TP	TN	FP	FN	
1	Pengujian Model <i>Virtual Plant</i>					
2	Pengujian Logika Komunikasi					
3	Pengujian Antarmuka SCADA					
4	Pengujian Database					

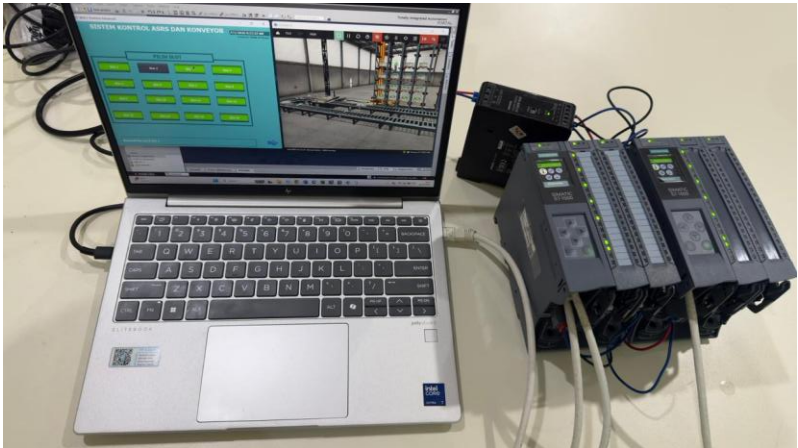
Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

Bab ini akan memaparkan hasil dari perancangan serta pengujian sistem pengambilan dan pemindahan barang yang dibuat. Pelaksanaan pengujian dilakukan secara terstruktur dengan mengacu pada batasan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur validitas dan keandalan program *ladder diagram*, *virtual plant* pada Factory I/O, halaman antarmuka yang dirancang menggunakan WinCC RT Advance, serta manajemen basis data (*database*) yang diterapkan. Lebih lanjut, aspek pengujian difokuskan untuk memastikan bahwa setiap segmen perangkat lunak dan perangkat keras dapat saling berkomunikasi secara *real-time* guna mencapai integrasi sistem yang optimal.

4.1.1. Hasil Perancangan dan Konfigurasi Hardware

Setelah melalui tahap perancangan, seluruh komponen perangkat keras (*hardware*) diintegrasikan secara riil di laboratorium untuk melakukan pengujian sistem.



Gambar 22. Implementasi Hardware

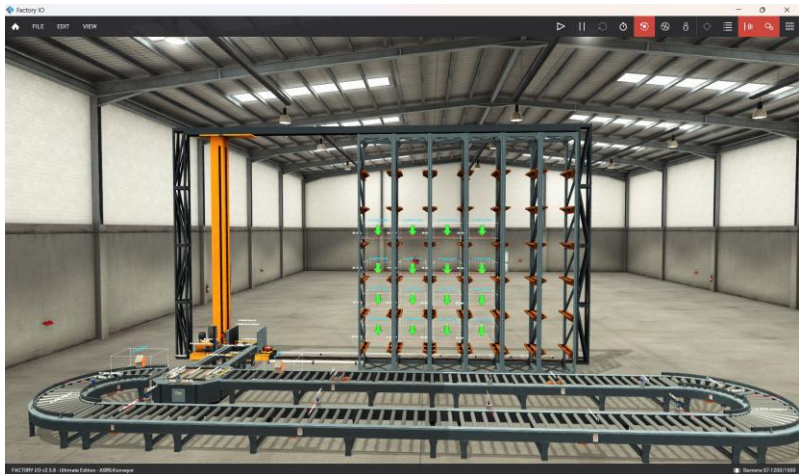
Berbeda dengan simulasi murni, implementasi pada penelitian ini menggunakan dua unit *Central Processing Unit* (CPU) fisik asli Siemens S7-1500 yang bertindak sebagai pengendali utama sekuensial pada masing-masing

subsistem (*PLC_ASRS* dan *PLC_KONVEYOR*). Kedua PLC tersebut dihubungkan ke PC/Laptop menggunakan media komunikasi kabel *Ethernet* berbasis protokol *PROFINET*.

PC/Laptop dalam implementasi ini mengemban fungsi ganda, yaitu mengeksekusi visualisasi *plant* 3D pada perangkat lunak *Factory I/O* sekaligus menjalankan sistem *SCADA (WinCC Runtime Advanced)* sebagai pusat kendali operasional, pemantauan *real-time*, dan pencatatan database historis. Realisasi fisik dari integrasi keseluruhan perangkat keras dan lingkungan simulasi tersebut ditunjukkan pada gambar 21.

4.1.2. Hasil Perancangan Virtual Plant

Karena pengujian dilakukan tanpa terkoneksi langsung ke modul fisik *MES-SMI-C205*, lingkungan *virtual plant* pada *Factory I/O* dikonfigurasi mandiri untuk mensimulasikan replika alur kerja yang serupa. Logika sekuensial dimulai dari instruksi mengambil barang di area penyimpanan *ASRS*, ditransfer menuju modul *turntable*, hingga dialirkan sepanjang jalur konveyor utama. Melalui arsitektur ini, fungsi kontrol *supervisory SCADA* dalam memantau dan mengendalikan urutan kerja mesin tiruan dapat dianalisis secara komprehensif.



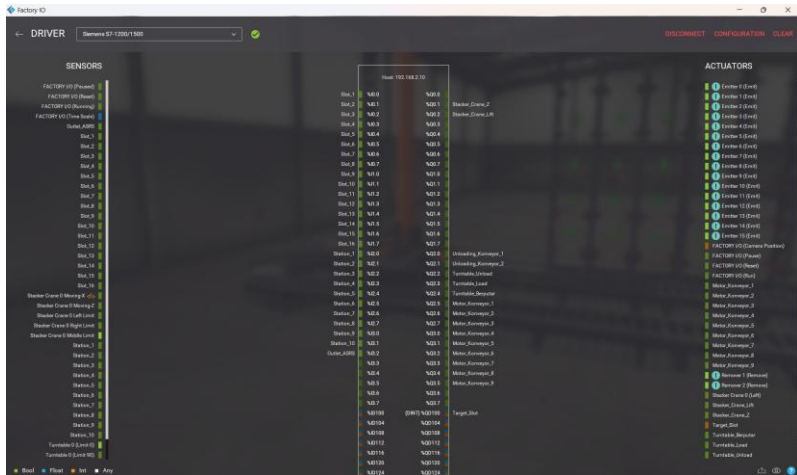
Gambar 23. Hasil Virtual Plant

Gambar 23 menunjukkan hasil rancangan *virtual plant* yang bertindak sebagai representasi perangkat keras tiruan. Arsitektur mekanis ini dibangun menggunakan komponen tiga dimensi terintegrasi di dalam *Factory I/O*, yang

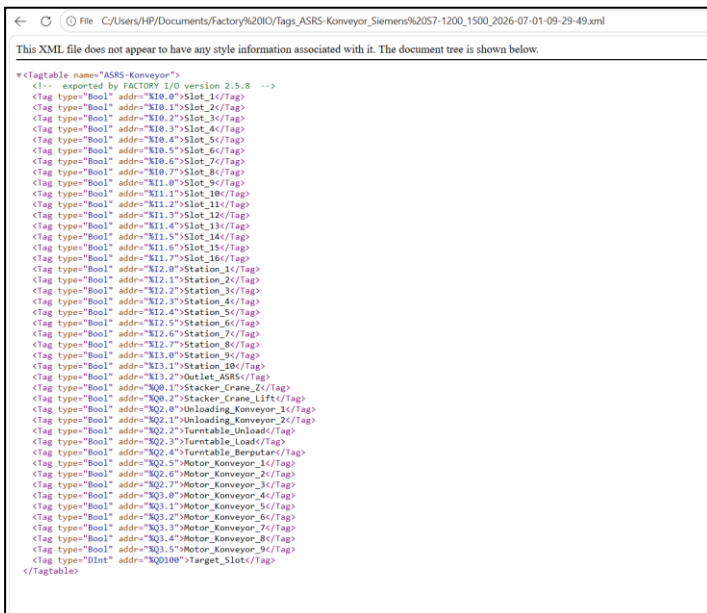
terdiri dari dua subsistem yakni rak penyimpanan barang berkapasitas 16 slot dengan mekanisme *Stacker Crane* otomatis, serta jalur konveyor melingkar yang terhubung dengan modul *turntable*. Seluruh aktuator serta sensor optik pada plant ini telah dikonfigurasi tata letaknya secara presisi untuk mensimulasikan alur kerja sekuensial, yang dimulai dari instruksi mengambil barang di area penyimpanan ASRS, ditransfer menuju modul *turntable*, hingga dialirkan sepanjang jalur konveyor utama.

4.1.2.1. I/O Mapping

Pemetaan input dan output (*I/O Mapping*) merupakan tahapan krusial dalam perancangan perangkat lunak yang berfungsi untuk menjembatani aliran komunikasi data antara *virtual plant* pada Factory I/O dengan memori internal PLC Siemens S7-1500. Proses pengalamatan ini dikonfigurasi secara digital melalui menu *Driver* dan disinkronisasikan secara langsung dengan variabel PLC Tags pada perangkat lunak TIA Portal menggunakan protokol komunikasi Profinet. Dalam penerapannya, seluruh sensor optik berjenis *diffuse sensor* yang tersebar pada enam belas slot rak penyimpanan ASRS serta sepuluh stasiun pemantauan konveyor dipetakan ke dalam register alamat *Input* dengan tipe data biner atau *Boolean*. Selaras dengan hal tersebut, variabel *Target_Slot* yang bertindak sebagai penentu koordinat dipetakan menggunakan tipe data bilangan bulat atau *Integer*. Pada sisi aktuator, sinyal instruksi dikirimkan melalui register alamat *Output* untuk mengendalikan komponen penggerak yang meliputi sembilan motor konveyor utama, mekanisme pengeluaran barang pada *Outlet_ASRS*, motor pengangkat *Stacker_Crane_Lift*, garpu penarik *Stacker_Crane_Z*, serta modul rotasi dan transfer pada unit *turntable* maupun konveyor pembongkaran (*unloading conveyor*). Melalui integrasi pemetaan variabel yang terstruktur ini, seluruh data sensor dari lingkungan virtual dapat dibaca secara akurat oleh logika program untuk mengeksekusi pergerakan aktuator secara *real-time*, yang rincian alamat registernya disajikan secara lengkap pada gambar di bawah ini.



Gambar 24. Hasil I/O Mapping dengan driver PLC S7-1200/1500



Gambar 25. Data I/O Mapping serta Type data dan pengalamatan di PLC

Setelah seluruh variabel *input* dan *output* dipetakan ke dalam register memori yang sesuai, tahapan perancangan perangkat lunak dilanjutkan dengan pembuatan algoritma logika kendali sekuensial menggunakan metode *Ladder Diagram*. Pemrograman logika ini dirancang dan diimplementasikan secara terpisah menggunakan perangkat lunak TIA Portal v19 untuk mengeksekusi instruksi kerja pada masing-masing unit pengontrol, di mana program kontrol pertama difokuskan untuk mengatur manajemen pergerakan mekanis *Stacker Crane* pada subsistem ASRS, sedangkan program kontrol kedua didedikasikan khusus untuk mengatur sinkronisasi logika putaran motor serta modul *turntable* pada subsistem konveyor. Seluruh struktur blok program, fungsi interlok (*interlocking*), sekuensial langkah, serta jaringan logika (*network diagram*) yang mengatur jalannya otomatisasi simulasi secara keseluruhan pada kedua perangkat PLC tersebut dilampirkan secara detail pada bagian akhir dokumen Tugas Akhir ini.

4.1.3. Hasil Perancangan Antarmuka SCADA

Untuk dapat menjalankan proses pergerakan diperlukan sebuah aplikasi antarmuka atau *interface* yang dapat digunakan dengan baik oleh *user*. Adapun hasil dari perancangan *interface* yang dibuat adalah sebagai berikut.



Gambar 26. Tampilan Home Screen

Berdasarkan Gambar 26, halaman utama Sistem Kontrol ASRS dan Konveyor dirancang dengan memisahkan dua fungsi operasional ke dalam dua panel visual utama yang diletakkan berdampingan. Panel sebelah kiri, yang diberi judul *Machine Start Up*, berfungsi sebagai pusat kendali daya mekanis langsung dengan menyediakan tombol virtual berupa tombol Start untuk mengaktifkan seluruh siklus kerja system serta tombol Stop untuk menghentikan operasi. Sementara itu, panel sebelah kanan yang bertajuk *Control/Monitoring Screen* berperan sebagai media navigasi utama yang menyediakan akses perpindahan halaman operasional. Sebagai penunjang informasi, bagian paling bawah halaman dilengkapi dengan bar pesan dinamis yang berfungsi menampilkan teks informasi pergerakan bagi operator.

Jika operator menekan tombol navigasi pemilihan slot pada halaman utama tersebut, maka sistem WinCC Runtime Advanced akan mengalihkan tampilan layar menuju halaman Pilih Slot seperti yang ditunjukkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Tampilan Screen Pemilihan Slot

Halaman *Pilih Slot* berisi panel matriks tombol interaktif berformat grid empat kali empat yang merepresentasikan enam belas lokasi penyimpanan pada rak ASRS. Desain tombol ini diintegrasikan dengan logika warna dinamis yang terikat

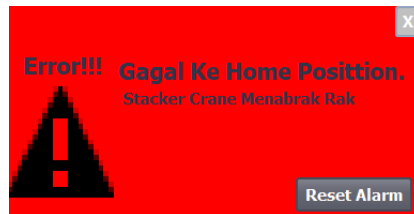
langsung dengan status ketersediaan barang di rak. Tombol yang aktif dan berwarna hijau terang menandakan bahwa slot tersebut terisi atau memiliki ketersediaan barang yang siap untuk diambil. Sebaliknya, slot yang tidak memiliki barang atau berada dalam kondisi kosong akan divisualisasikan dengan warna abu-abu gelap, di mana tombol tersebut secara otomatis dikunci oleh sistem sehingga tidak dapat diklik atau dieksekusi oleh operator. Ketika operator menekan salah satu tombol berwarna hijau, sistem SCADA akan merespons dengan memperbarui teks pada bar informasi bawah untuk memunculkan keterangan tindakan operasional spesifik, seperti "Mengambil Barang di Slot 3", sekaligus mengirimkan instruksi koordinat ke program PLC untuk menggerakkan *Stacker Crane*. Navigasi pada halaman ini didukung penuh oleh tombol ikon rumah (*Home*) di sudut kiri bawah untuk mempermudah akses kembali ke menu utama serta tombol panah kanan di sudut kanan bawah untuk mengalihkan monitor secara cepat menuju halaman pengawasan lini konveyor.



Gambar 28. Tampilan Screen Monitoring Konveyor

Halaman *Monitoring Konveyor* difokuskan untuk menyajikan visualisasi pengawasan posisi material pada konveyor. Pada bagian tengah layar, terdapat sepuluh kotak indikator stasiun pengamatan (*Station 1* sampai *Station 10*) yang disusun sejajar menjadi dua baris. Kotak indikator ini telah dihubungkan langsung

dengan sensor pada konveyor dari *virtual plant*, sehingga ketika sensor mendeteksi keberadaan barang pada station yang ada di jalur konveyor, kotak stasiun tersebut akan secara dinamis berubah warna dari hitam menjadi kuning terang sebagai bentuk konfirmasi visual bagi operator.



Gambar 29. Hasil Alarm Popup Screen

Jendela Popup Alarm ini divisualisasikan untuk menunjukkan error alarm yang terjadi pada proses pergerakan. Pada bagian tengah layar, terdapat teks indikator dinamis yang disusun vertikal untuk menampilkan pesan *error* yang terjadi. Jendela Popup ini dihubungkan langsung dengan tag yang memicu alarm pada PLC, sehingga ketika tag pemicu alarm mendeteksi adanya malfungsi, jendela ini akan secara dinamis muncul memotong layar utama (*overlay*) dengan latar belakang berwarna merah terang sebagai bentuk konfirmasi visual yang kontras bagi operator.

4.1.4. Hasil Perancangan Database

FileHomeInsertDrawPage LayoutFormulasDataReviewViewDeveloperHelpNello Pro 10

Calculation: 111

Gambar 30. Hasil Database berupa file berformat (.csv)

Beriringan dengan perancangan logika kendali pada PLC, aspek perangkat lunak pada pelaksanaan tugas akhir ini juga mencakup manajemen pengolahan informasi berbasis data (*database*) seperti ditunjukkan pada Gambar 30. Implementasi basis data ini diwujudkan melalui perangkat lunak Microsoft Excel yang dikonfigurasi untuk mencatat setiap pergerakan yang dibuat dengan menggunakan pengaturan historical data.

4.2. Data Hasil Pengujian

4.2.1. Pengujian Model *Virtual Plant*

Tabel 10. Hasil Pengujian Model *Virtual Plant*

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
1	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_1	I0.0	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
2	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_2	I0.1	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
3	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_3	I0.2	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
4	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_4	I0.3	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
5	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_5	I0.4	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
6	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_6	I0.5	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
7	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_7	I0.6	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
8	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_8	I0.7	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
9	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_9	I1.0	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
10	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_10	I1.1	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
11	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_11	I1.2	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
12	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_12	I1.3	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
13	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_13	I1.4	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
14	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_14	I1.5	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
15	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_15	I1.6	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
16	<i>Diffuse Sensor</i>	Slot_16	I1.7	-	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
17	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_1	I2.0	I0.0	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
18	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_2	I2.1	I0.1	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
19	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_3	I2.2	I0.2	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
20	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_4	I2.3	I0.3	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
21	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_5	I2.4	I0.4	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
22	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_6	I2.5	I0.5	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
23	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_7	I2.6	I0.6	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
24	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_8	I2.7	I0.7	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
25	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_9	I3.0	I1.0	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
26	<i>Diffuse Sensor</i>	Station_10	I3.1	I1.1	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP
27	<i>Diffuse Sensor</i>	Outlet ASRS	I3.2	I1.2	Ladder Aktif Saat object di <i>Virtual Plant</i> Terdeteksi	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
28	<i>Stacker Crane Right</i>	Stacker_Crane_Z	Q0.1	-	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
29	<i>Stacker Crane Lift</i>	Stacker_Crane_Lift	Q0.2	-	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
30	<i>Loading Konveyor</i>	Unloading_Konveyor_1	Q2.0	Q0.0	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
31	<i>Loading Konveyor</i>	Unloading_Konveyor_2	Q2.1	Q0.1	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
32	<i>Turn Table Roll (+)</i>	Turntable_Unload	Q2.2	Q0.2	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
33	<i>Turn Table Roll (-)</i>	Turntable_Load	Q2.3	Q0.3	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
34	<i>Turn Table Turn</i>	Turntable_Berputar	Q2.4	Q0.4	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
35	<i>Roller Conveyor 6m</i>	Motor_Konveyor_1	Q2.5	Q0.5	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
36	<i>Roller Conveyor 6m</i>	Motor_Konveyor_2	Q2.6	Q0.6	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
37	<i>Curved Roller Conveyor</i>	Motor_Konveyor_3	Q2.7	Q0.7	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
38	<i>Curved Roller Conveyor</i>	Motor_Konveyor_4	Q3.0	Q1.0	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
39	<i>Roller Conveyor 6m</i>	Motor_Konveyor_5	Q3.1	Q1.1	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
40	<i>Roller Conveyor 6m</i>	Motor_Konveyor_6	Q3.2	Q1.2	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
41	<i>Roller Conveyor 2m</i>	Motor_Konveyor_7	Q3.3	Q1.3	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP

No	Komponen Virtual	Tag PLC	PLC Tag		Target	Hasil Visual	Status
			ASRS	Konveyor			
42	<i>Curved Roller Conveyor</i>	Motor_Konveyor_8	Q3.4	Q1.4	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP
43	<i>Curved Roller Conveyor</i>	Motor_Konveyor_9	Q3.5	Q1.5	Motor di <i>Virtual Plant</i> Bergerak Saat Ladder Aktif	Berhasil	TP

Tabel 10 menunjukkan data hasil pengujian yang dilakukan terhadap model *virtual plant*. Pengujian ini dilaksanakan dengan mengamati dua arah interaksi data antara lingkungan virtual dan sistem kendali PLC. Pertama, pengujian dilakukan pada komponen sensor (*input*) untuk memastikan bahwa program *ladder* PLC dapat membaca dan merespons perubahan kondisi objek pada *virtual plant* secara akurat. Kedua, pengujian dilakukan pada komponen aktuator (*output*) untuk mengamati apakah model *virtual plant* dapat merespons dan bergerak sesuai dengan perubahan nilai PLC tag yang dikirimkan oleh sistem kendali. Hasil visual dari kedua interaksi tersebut kemudian dikomparasikan dengan parameter target yang telah ditetapkan sebelumnya untuk menentukan status keberhasilan pengujian. Penilaian status ini berfungsi sebagai indikator validitas model virtual dalam merepresentasikan perilaku sistem *Automated Storage and Retrieval System (ASRS)* dan konveyor agar sesuai dengan perancangan.

4.2.2. Pengujian Logika Komunikasi Antar PLC

Pengujian logika komunikasi dilakukan dengan metode observasi visual, dimana skenario uji yang digunakan adalah saat tag transfer aktif maka system akan mengirim sinyal dari *IO Controller* ke tag *receiver* di *I-Device* yang dituju. Sesuai dengan *transfer area* yang ada di bab 3. Tabel berikut merupakan tabel hasil pengujian komunikasi PLC.

Tabel 11. Hasil Pengujian Logika Komunikasi

No	PLC ASRS		PLC Konveyor		Hasil Observasi Visual	Status
	PLC Tag	Address	PLC Tag	Address		
TRANSFER AREA 1 dari PLC_ASRS ke PLC_KONVEYOR						
1	Station_1(To-Konveyor)	Q200.0	Station_1	I0.0	Berhasil	TP
2	Station_2(To-Konveyor)	Q200.1	Station_2	I0.1	Berhasil	TP
3	Station_3(To-Konveyor)	Q200.2	Station_3	I0.2	Berhasil	TP
4	Station_4(To-Konveyor)	Q200.3	Station_4	I0.3	Berhasil	TP
5	Station_5(To-Konveyor)	Q200.4	Station_5	I0.4	Berhasil	TP
6	Station_6(To-Konveyor)	Q200.5	Station_6	I0.5	Berhasil	TP
7	Station_7(To-Konveyor)	Q200.6	Station_7	I0.6	Berhasil	TP
8	Station_8(To-Konveyor)	Q200.7	Station_8	I0.7	Berhasil	TP
9	Station_9(To-Konveyor)	Q201.0	Station_9	I1.0	Berhasil	TP
10	Station_10(To-Konveyor)	Q201.1	Station_10	I1.1	Berhasil	TP

No	PLC ASRS		PLC Konveyor		Hasil Observasi Visual	Status
	PLC Tag	Address	PLC Tag	Address		
11	Outlet_ASRS(To Konveyor)	Q201.2	Outlet_ASRS	I1.2	Berhasil	TP
12	ASRS_FINISH	Q201.3	ASRS_FINISH	I1.3	Berhasil	TP
<i>TRANSFER AREA 2 dari PLC_KONVEYOR ke PLC_ASRS</i>						
13	Unloading_Konveyor_1(From-Konveyor)	I200.0	Unloading_Konveyor_1(To-ASRS)	Q200.0	Berhasil	TP
14	Unloading_Konveyor_2(From-Konveyor)	I200.1	Unloading_Konveyor_2(To-ASRS)	Q200.1	Berhasil	TP
15	Turntable_Unload(From-Konveyor)	I200.2	Turntable_Unload(To-ASRS)	Q200.2	Berhasil	TP
16	Turntable_Load(From-Konveyor)	I200.3	Turntable_Load(To-ASRS)	Q200.3	Berhasil	TP
17	Turntable_Berputar(From-Konveyor)	I200.4	Turntable_Berputar(To-ASRS)	Q200.4	Berhasil	TP
18	Motor_Konveyor_1(From-Konveyor)	I200.5	Motor_Konveyor_1(To-ASRS)	Q200.5	Berhasil	TP
19	Motor_Konveyor_2(From-Konveyor)	I200.6	Motor_Konveyor_2(To-ASRS)	Q200.6	Berhasil	TP
20	Motor_Konveyor_3(From-Konveyor)	I200.7	Motor_Konveyor_3(To-ASRS)	Q200.7	Berhasil	TP
21	Motor_Konveyor_4(From-Konveyor)	I201.0	Motor_Konveyor_4(To-ASRS)	Q201.0	Berhasil	TP

No	PLC ASRS		PLC Konveyor		Hasil Observasi Visual	Status
	PLC Tag	Address	PLC Tag	Address		
22	Motor_Konveyor_5(From-Konveyor)	I201.1	Motor_Konveyor_5(To-ASRS)	Q201.1	Berhasil	TP
23	Motor_Konveyor_6(From-Konveyor)	I201.2	Motor_Konveyor_6(To-ASRS)	Q201.2	Berhasil	TP
24	Motor_Konveyor_7(From-Konveyor)	I201.3	Motor_Konveyor_7(To-ASRS)	Q201.3	Berhasil	TP
25	Motor_Konveyor_8(From-Konveyor)	I201.4	Motor_Konveyor_8(To-ASRS)	Q201.4	Berhasil	TP
26	Motor_Konveyor_9(From-Konveyor)	I201.5	Motor_Konveyor_9(To-ASRS)	Q201.5	Berhasil	TP
27	KONVEYOR_READY(From-Konveyor)	I201.6	KONVEYOR_READY(To-ASRS)	Q201.6	Berhasil	TP
28	ASRS_HOME(From-Konveyor)	I201.7	ASRS_HOME(To-ASRS)	Q201.7	Berhasil	TP

4.2.3. Pengujian Antarmuka SCADA

Tabel 12. Hasil Pengujian Antarmuka SCADA

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
1	Tombol <i>Start</i>	Power_on	Konveyor	Ladder Aktif Saat <i>Button</i> ditekan	Berhasil	TP
2	Tombol <i>Stop</i>	Power_off	Konveyor	Ladder Aktif Saat <i>Button</i> ditekan	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
3	Indikator <i>Start/Stop</i>	MACHINE_START	Konveyor	Indikator berwarna hijau saat tag aktif dan merah saat tag idak aktif	Berhasil	TP
4	<i>Button</i> Slot_1	Slot_1	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
5	<i>Button</i> Slot_2	Slot_2	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
6	<i>Button</i> Slot_3	Slot_3	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
7	<i>Button</i> Slot_4	Slot_4	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
8	<i>Button</i> Slot_5	Slot_5	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
9	<i>Button</i> Slot_6	Slot_6	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
10	<i>Button</i> Slot_7	Slot_7	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
11	<i>Button</i> Slot_8	Slot_8	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
12	<i>Button</i> Slot_9	Slot_9	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
13	<i>Button</i> Slot_10	Slot_10	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
14	<i>Button</i> Slot_11	Slot_11	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
15	<i>Button</i> Slot_12	Slot_12	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
16	<i>Button</i> Slot_13	Slot_13	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
17	<i>Button</i> Slot_14	Slot_14	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
18	<i>Button</i> Slot_15	Slot_15	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
19	<i>Button</i> Slot_16	Slot_16	ASRS	<i>Button</i> berwarna hijau saat tag aktif (sensor virtual mendeteksi benda)	Berhasil	TP
20	<i>Button</i> Slot_1	Ambil_Slot_1	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
21	<i>Button</i> Slot_2	Ambil_Slot_2	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
22	<i>Button</i> Slot_3	Ambil_Slot_3	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
23	<i>Button</i> Slot_4	Ambil_Slot_4	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i>	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
				berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)		
24	<i>Button</i> Slot_5	Ambil_Slot_5	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
25	<i>Button</i> Slot_6	Ambil_Slot_6	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
26	<i>Button</i> Slot_7	Ambil_Slot_7	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
27	<i>Button</i> Slot_8	Ambil_Slot_8	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
28	<i>Button</i> Slot_9	Ambil_Slot_9	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
29	<i>Button</i> Slot_10	Ambil_Slot_10	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i>	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
				berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)		
30	<i>Button</i> Slot_11	Ambil_Slot_11	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
31	<i>Button</i> Slot_12	Ambil_Slot_12	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
32	<i>Button</i> Slot_13	Ambil_Slot_13	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
33	<i>Button</i> Slot_14	Ambil_Slot_14	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
34	<i>Button</i> Slot_15	Ambil_Slot_15	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TP
35	<i>Button</i> Slot_16	Ambil_Slot_16	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag aktif dan proses pengambilan berjaalan (Syarat <i>button</i>	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
				berwarna hijau dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)		
36	<i>Button</i> Slot_1	Ambil_Slot_1	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
37	<i>Button</i> Slot_2	Ambil_Slot_2	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
38	<i>Button</i> Slot_3	Ambil_Slot_3	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
39	<i>Button</i> Slot_4	Ambil_Slot_4	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
40	<i>Button</i> Slot_5	Ambil_Slot_5	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan	Berhasil	TN

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
				(Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)		
41	<i>Button</i> Slot_6	Ambil_Slot_6	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
42	<i>Button</i> Slot_7	Ambil_Slot_7	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
43	<i>Button</i> Slot_8	Ambil_Slot_8	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
44	<i>Button</i> Slot_9	Ambil_Slot_9	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
45	<i>Button</i> Slot_10	Ambil_Slot_10	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
46	<i>Button</i> Slot_11	Ambil_Slot_11	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
47	<i>Button</i> Slot_12	Ambil_Slot_12	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
48	<i>Button</i> Slot_13	Ambil_Slot_13	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
49	<i>Button</i> Slot_14	Ambil_Slot_14	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan	Berhasil	TN

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
				tidak ada proses pengambilan yang berjalan)		
50	Button Slot_15	Ambil_Slot_15	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
51	Button Slot_16	Ambil_Slot_16	ASRS	Saat <i>button</i> ditekan tag tidak aktif dan proses pengambilan tidak berjaalan (Syarat <i>button</i> berwarna abu-abu dan tidak ada proses pengambilan yang berjalan)	Berhasil	TN
52	Indikator Station 1	Station_1	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
53	Indikator Station 2	Station_2	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
54	Indikator Station 3	Station_3	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
55	Indikator Station 4	Station_4	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
56	Indikator Station 5	Station_5	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
57	Indikator Station 6	Station_6	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
58	Indikator Station 7	Station_7	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
59	Indikator Station 8	Station_8	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
60	Indikator Station 9	Station_9	Konveyor	Saat tag aktif indikator menyala	Berhasil	TP
61	Ikon Home	-	-	Screen berpindah ke halaman utama atau Home	Berhasil	TP
62	Panah Kanan	-	-	Screen berpindah ke halaman Berikutnya	Berhasil	TP
63	Button Pemilihan Slot	-	-	Screen berpindah Ke halaman Pemilihan Slot	Berhasil	TP
64	Button Monitoring Konveyor	-	-	Screen berpindah ke halaman monitoring konveyor	Berhasil	TP
65	Symbolic IO Field	Status_sistem	ASRS	Text muncul sesuai dengan nomor input ke tag yang aktif	Berhasil	TP
66	Alarm Gagal Home	Alarm_Error	ASRS	Saat Tag Aktif Popup Screen Alarm gagal Home aktif	Berhasil	TP
67	Alarm Gagal Loading	Alarm_Error	Konveyor	Saat benda tidak terdeteksi di area Outles ASRS dan Tag alarm aktif maka Poup Scren Muncul dengan text tidak ada barang di Outlet.	Berhasil	TP
68	Button Reset	Reset Alarm	-	Saat Button di tekan status Alarm di reset.	Berhasil	TP

No	Element Scada	Tag	PLC	Target	Hasil Observasi	Status
69	Tombol Close	-	-	Saat Tombol Close di tutup maka Popup Scren akan menghilang.	Berhasil	TP

Berdasarkan pengujian HMI/SCADA yang telah dilakukan, seluruh komponen *interface* yang diuji menunjukkan hasil yang memuaskan. Dari total 69 parameter pengujian, seluruh elemen mendapatkan hasil observasi "Berhasil" dengan status terpenuhi *True Positif* sebanyak 53 kali dan *True Negative* sebanyak 16 kali. *True Negative* terjadi Ketika *Button Slot* yang ditekan tidak memberikan *response* apapun ke sistem, ASRS tidak menjalankan proses pengambilan barang. Hal ini terjadi karena adanya proses *interlocking* pada *ladder logic* pada PLC.

4.2.4. Hasil Pegujian Database

Pengujian database dilakukan dengan metode observasi visual, dimana skenario uji yang digunakan adalah saat terjadi perubahan data pada tag yang diamati, maka system akan mencatat perubahan tersebut pada file .csv yang telah ditentukan. Tabel 13 merupakan tabel hasil pengujian database.

Tabel 13. Hasil Pengujian Database

No	HMI Tags	Target	Hasil Visual	Status
1	KONVEYOR_READY	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
2	MAIN_DRIVE	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
3	K1	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
4	K2	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
5	K3	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
6	K4	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
7	K5	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
8	K6	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
9	K7	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP

No	HMI Tags	Target	Hasil Visual	Status
10	K8	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
11	K9	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
12	K10	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
13	K11	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
14	K12	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
15	K13	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
16	K14	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
17	K15	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
18	K16	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP
19	ASRS_FINIS	Database mencatat perubahan tags	Berhasil	TP

4.2.5. Hasil Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi

Setelah dilakukan serangkaian pengujian fungsional terhadap seluruh elemen sistem yang meliputi model lingkungan virtual, logika komunikasi data, serta visualisasi pada antarmuka SCADA, diperoleh data rekapitulasi hasil observasi visual. Hasil pengujian ini dievaluasi secara kuantitatif menggunakan matriks

konfusi (*confusion matrix*) yang terdiri dari parameter *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN) untuk mengukur tingkat akurasi sistem. Ringkasan dari keseluruhan hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 14. Hasil Evaluasi Tingkat Keberhasilan Simulasi

No	Aspek	Status Hasil Observasi Visual				Presentase (%)
		TP	TN	FP	FN	
1	Pengujian Model <i>Virtual Plant</i>	43	0	0	0	100%
2	Pengujian Logika Komunikasi	28	0	0	0	100%
3	Pengujian Antarmuka SCADA	53	16	0	0	100%
4	Pengujian Database	19	0	0	0	100%

Untuk menghitung tingkat keberhasilan berupa persentase akurasi dari masing-masing aspek pengujian secara kuantitatif, dilakukan kalkulasi data berdasarkan rumus matriks konfusi (*confusion matrix*) seperti yang ditunjukkan pada tabel 14, telah dipaparkan pada persamaan (1) di Bab II. Berdasarkan persamaan tersebut, berikut adalah detail perhitungan persentase akurasi untuk masing-masing aspek pengujian sistem yang telah dilaksanakan:

1) Akurasi Model Virtual Plant

Substitusi nilai hasil observasi pada aspek model *virtual plant* ke dalam rumus menghasilkan nilai akurasi sebagai berikut:

$$Akurasi(\%) = \frac{43 + 0}{43 + 0 + 0 + 0} \times 100\%$$

$$Akurasi(\%) = \frac{43}{43} \times 100\%$$

$$Akurasi(\%) = 100\%$$

2) Akurasi Logika Komunikasi

Perhitungan nilai akurasi berdasarkan data hasil observasi pada parameter sinkronisasi proses adalah sebagai berikut:

$$Akurasi(\%) = \frac{28 + 0}{28 + 0 + 0 + 0} \times 100\%$$

$$Akurasi(\%) = \frac{28}{28} 100\%$$

$$Akurasi(\%) = 100\%$$

3) Akurasi Antarmuka SCADA

Perhitungan nilai akurasi berdasarkan data hasil observasi pada parameter *monitoring* antarmuka SCADA adalah sebagai berikut:

$$Akurasi(\%) = \frac{53 + 16}{53 + 16 + 0 + 0} \times 100\%$$

$$Akurasi(\%) = \frac{53}{53} 100\%$$

$$Akurasi(\%) = 100\%$$

4) Akurasi Database

Perhitungan nilai akurasi berdasarkan data hasil observasi pada database adalah sebagai berikut:

$$Akurasi(\%) = \frac{19 + 0}{19 + 0 + 0 + 0} \times 100\%$$

$$Akurasi(\%) = \frac{19}{19} 100\%$$

$$Akurasi(\%) = 100\%$$

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan serta pengujian yang telah dilakukan terhadap seluruh elemen sistem simulasi, dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai keberhasilan implementasi sistem.

- Model virtual sistem ASRS dan konveyor berhasil dibangun menggunakan Factory I/O sebagai pengganti *plant* fisik dengan tingkat keberhasilan 100% (43 *True Positive*). Model ini mampu memvalidasi program PLC secara visual dengan sangat akurat tanpa adanya kesalahan pembacaan sensor atau pergerakan aktuator (*False Positive/False Negative*).
- Perancangan logika komunikasi antar dua PLC Siemens S7-1500 telah berhasil diintegrasikan melalui metode I-Device dengan tingkat keberhasilan 100% (28 *True Positive*). Alur pemindahan barang dari sistem ASRS ke konveyor maupun sebaliknya berjalan sinkron tanpa terjadi tabrakan data (*collision*) ataupun kegagalan *interlock*.
- Antarmuka SCADA pada TIA Portal terbukti andal dalam menampilkan status operasional dan mengendalikan alur kerja secara *real-time* dengan persentase keberhasilan 100% (53 *True Positive* dan 16 *True Negative*). Sistem SCADA mampu merespons kondisi aktif maupun tidak aktif pada komponen *plant* dengan tepat tanpa ada indikasi galat (*error*).
- Secara keseluruhan, simulasi ini berkinerja sangat baik sebagai media pembelajaran sistem manufaktur cerdas dengan efisiensi representasi alur material yang tinggi. Termasuk akurasi penyimpanan database yang mencapai 100% (19 *True Positive*).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian fungsional yang telah diperoleh pada sistem simulasi ini, terdapat beberapa saran yang dapat diusulkan sebagai langkah pengembangan dan perbaikan sistem selanjutnya.

- Untuk meningkatkan realisme simulasi sebagai pengganti *plant* fisik, penelitian selanjutnya dapat menambahkan robot *scara* sebagai pengganti dari *turntable*
- Logika komunikasi sekuensial antara dua PLC dapat dikembangkan dengan menggunakan komunikasi untuk dua buah PLC dari merk berbeda.
- Antarmuka SCADA pada TIA Portal dapat ditingkatkan fungsionalitasnya dengan menerapkan sistem manajemen pengguna (*User Administration*) berupa pembatasan hak akses (*login/password*) bagi operator dan supervisor, penambahan fitur Alarm Penerangan (*notifikasi visual/suara*)

untuk standardisasi industri yang lebih nyata, serta animasi untuk menunjukkan pergerakan konveyor maupun ASRS.

- Database dapat dikembangkan dengan menggunakan fitur-fitur lain pada Tia Portal agar tampilan di layar dan di database menuliskan data yang sama,

Daftar Pustaka

- [1] A. Hasibuan, N. Sutrisno and S. P. Nasution, "SMART Manufacturing System : Sebuah Solusi Teknologi Manufaktur Proses Menuju Industri 4.0," *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 119-127, 2024.
- [2] S. Nugrowibowo and M. Muslimin, "Smart Manufacturing: Latest Technologies And Applications In Industrial Engineering," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 12, no. 2, pp. 305-310, 2023.
- [3] PT Vortex Teknologi, "MES-SMI-C205," PT Vortex Teknologi, Batam, 2024.
- [4] M. A. F. Mohd Fadzli and S. W. Nawawi, "Automated Storage and Retrieval System for Warehouse," *Journal of Electrical Engineering*, vol. 23, no. 1, pp. 88-95, 2024.
- [5] Yanti, . A. P. Rusdja, M. I. Malik, R. Rahmawati, R. M. Febrian and M. F. Ridwan, "Purwarupa Konveyor Penyortir Barang Menggunakan Sensor Inframerah Berbasis Arduino Nano," (*Rekayasa Elektrikal dan Energi*) : *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 295-300, 2025.
- [6] M. F. Muzaki and D. R. Nurjannah, "PENGARUH KECEPATAN KONVEYOR PADA PENGGUNAAN IOT DAN PLC SECARA REAL-TIME PADA PROTOTYPE CAR WASH DENGAN PULSE WIDTH MODULATION," *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 13, no. 3S1, pp. 221-228, -.
- [7] F. Syafitra and G. Al Abizari , *MODIFIKASI MODULAR PRODUCTION SYSTEM (MPS) BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) SIEMENS*, Bangka Belitung: Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2025.
- [8] Siemens AG, "SIMATIC S7-1500 CPU – Siemens EcoTech Profile," Siemens AG, 2025.
- [9] H. Setiana, N. Nuraqil and D. Widjajianto, "Otomasi Sortir Warna dan Berat Berbasis PLC Dengan Pencitraan Factory I/O," *ELECTRICES - Jurnal Otomasi Kelistrikan dan Energi Terbarukan*, vol. 7, no. 1, pp. 27-36, 2025.
- [10] M. Ilham, "RANCANG BANGUN SISTEM SCADA DALAM MONITORING PENGISILIAN PADA SILO BERBASIS PLC OMRON," FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS PEMBANGUNAN PANCA BUDI, Medan, 2021.

- [11] B. Fandidarma, . I. Sunaryantiningsih and A. Pratama, "Pengatur Suhu Ruangan Tertutup menggunakan PLC Schneider TWIDO COMPACT berbasis SCADA - WONDERWARE INTOUCH," *Jurnal ELECTRA : Electrical Engineering Articles*, vol. 2, no. 2, pp. 1-11, 2022.
- [12] G. Lazaridis, A. Drosou, P. Chatzimisios and D. Tzovaras, "Securing Modbus TCP Communications in I4.0: A Penetration Testing Approach Using OpenPLC and Factory IO," *Conference on Standards for Communications and Networking (CSCN)*, pp. 265-270, 2023.
- [13] A. M. Maulan, G. L. D. Saputra, . R. B. Syahputra, S. M. R. Hidayat and Y. Prastyo, "Pengaruh Sistem Otomasi Robotik Terhadap Proses Produksi Mencakup Efisiensi Biaya, Waktu, Dan Kualitas Produk Menggunakan Metode Analisis Data Statistik," *Jurnal Lentera BITEP*, vol. 3, no. 01, pp. 8-16, 2025.
- [14] L. D. Martias, "STATISTIKA DESKRIPTIF SEBAGAI KUMPULAN INFORMASI," *Jurnal Ilmu Perpustakaan dan Informasi*, vol. 16, no. 1, pp. 40-59, 2021.
- [15] B. Siregar, A. P. Rahadi and M. M. Manurung, "Statistika Dasar: Fundamental Sains Data," 03 Juli 2025. [Online]. Available: https://bookdown.org/dsciencelabs/statistika_dasar/_book/index.html . [Accessed 12 7 2026].

Biodata



Nama	: Shelly Sri Pitriani, A.Md.
TTL	: Purwakarta, 06 Oktober 1996
Agama	: Islam
Alamat	: Prasetya Residence Blok G-07
E-mail	: shellysripitriani@gmail.com
Pendidikan	
SD	: SDN 5 Bunder
SMP	: SMPN 8 Purwakarta
SMA	: SMAN 1 Jatiluhur
Diploma III	: Politeknik Enjinering Indorama

Lampiran

Lampiran A. Daftar PLC Tags Sistem ASRS

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
ASRS_START	Standard-Variablentabelle	Bool	%M100.0	True	True	True
ASRS_FINISH	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.3	True	True	True
Slot_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.0	True	True	True
Slot_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.1	True	True	True
Slot_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.2	True	True	True
Slot_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.3	True	True	True
Slot_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.4	True	True	True
Slot_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.5	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Slot_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.6	True	True	True
Slot_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.7	True	True	True
Slot_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.0	True	True	True
Slot_10	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.1	True	True	True
Slot_11	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.2	True	True	True
Slot_12	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.3	True	True	True
Slot_13	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.4	True	True	True
Slot_14	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.5	True	True	True
Slot_15	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.6	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Slot_16	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.7	True	True	True
Ambil_Slot_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.0	True	True	True
Ambil_Slot_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.1	True	True	True
Ambil_Slot_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.2	True	True	True
Ambil_Slot_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.3	True	True	True
Ambil_Slot_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.4	True	True	True
Ambil_Slot_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.5	True	True	True
Ambil_Slot_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.6	True	True	True
Ambil_Slot_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.7	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Ambil_Slot_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.0	True	True	True
Ambil_Slot_10	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.1	True	True	True
Ambil_Slot_11	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.2	True	True	True
Ambil_Slot_12	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.3	True	True	True
Ambil_Slot_13	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.4	True	True	True
Ambil_Slot_14	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.5	True	True	True
Ambil_Slot_15	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.6	True	True	True
Ambil_Slot_16	Standard-Variablentabelle	Bool	%M1.7	True	True	True
K1	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.0	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
K2	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.1	True	True	True
K3	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.2	True	True	True
K4	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.3	True	True	True
K5	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.4	True	True	True
K6	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.5	True	True	True
K7	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.6	True	True	True
K8	Standard-Variablentabelle	Bool	%M2.7	True	True	True
K9	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.0	True	True	True
K10	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.1	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
K11	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.2	True	True	True
K12	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.3	True	True	True
K13	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.4	True	True	True
K14	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.5	True	True	True
K15	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.6	True	True	True
K16	Standard-Variablentabelle	Bool	%M3.7	True	True	True
Gagal_Home	Standard-Variablentabelle	Bool	%M4.0	True	True	True
Alarm_Reset	Standard-Variablentabelle	Bool	%M4.1	True	True	True
Target_Slot	Standard-Variablentabelle	DInt	%QD100	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Stacker_Crane_Z	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.1	True	True	True
Stacker_Crane_Lift	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.2	True	True	True
To_Z_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%M5.0	True	True	True
To_Z_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%M5.1	True	True	True
To_Outlet	Standard-Variablentabelle	Bool	%M5.2	True	True	True
Ambil_Box	Standard-Variablentabelle	Bool	%M5.3	True	True	True
Reset	Standard-Variablentabelle	Bool	%M5.4	True	True	True
Station_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.0	True	True	True
Station_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.1	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Station_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.2	True	True	True
Station_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.3	True	True	True
Station_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.4	True	True	True
Station_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.5	True	True	True
Station_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.6	True	True	True
Station_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%I2.7	True	True	True
Station_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%I3.0	True	True	True
Station_10	Standard-Variablentabelle	Bool	%I3.1	True	True	True
Unloading_Konveyor_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.0	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Unloading_Konveyor_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.1	True	True	True
Turntable_Unload	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.2	True	True	True
Turntable_Load	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.3	True	True	True
Turntable_Berputar	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.4	True	True	True
Motor_Konveyor_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.5	True	True	True
Motor_Konveyor_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.6	True	True	True
Motor_Konveyor_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q2.7	True	True	True
Motor_Konveyor_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.0	True	True	True
Motor_Konveyor_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.1	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Motor_Konveyor_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.2	True	True	True
Motor_Konveyor_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.3	True	True	True
Motor_Konveyor_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.4	True	True	True
Motor_Konveyor_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q3.5	True	True	True
Station_1(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.0	True	True	True
Station_2(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.1	True	True	True
Station_3(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.2	True	True	True
Station_4(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.3	True	True	True
Station_5(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.4	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Station_6(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.5	True	True	True
Station_7(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.6	True	True	True
Station_8(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.7	True	True	True
Station_9(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.0	True	True	True
Station_10(To-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.1	True	True	True
Unloading_Konveyor_1 (From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.0	True	True	True
Unloading_Konveyor_2 (From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.1	True	True	True
Turntable_Unload(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.2	True	True	True
Turntable_Load(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.3	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Turntable_Berputar(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.4	True	True	True
Motor_Konveyor_1(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.5	True	True	True
Motor_Konveyor_2(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.6	True	True	True
Motor_Konveyor_3(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I200.7	True	True	True
Motor_Konveyor_4(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.0	True	True	True
Motor_Konveyor_5(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.1	True	True	True
Motor_Konveyor_6(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.2	True	True	True
Motor_Konveyor_7(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.3	True	True	True
Motor_Konveyor_8(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.4	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Motor_Konveyor_9(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.5	True	True	True
KONVEYOR_READY(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.6	True	True	True
ASRS_HOME(From-Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%I201.7	True	True	True
Outlet_ASRS	Standard-Variablentabelle	Bool	%I3.2	True	True	True
Outlet_ASRS(To Konveyor)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.2	True	True	True

Lampiran B. Daftar PLC Tags Sistem Konveyor

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Station_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.0	True	True	True
Station_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.1	True	True	True
Station_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.2	True	True	True
Station_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.3	True	True	True
Station_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.4	True	True	True
Station_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.5	True	True	True
Station_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.6	True	True	True
Station_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%I0.7	True	True	True
Station_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.0	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Station_10	Standard-Variablentabelle	Bool	%I1.1	True	True	True
Unloading_Konveyor_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.0	True	True	True
Unloading_Konveyor_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.1	True	True	True
Turntable_Unload	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.2	True	True	True
Turntable_Load	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.3	True	True	True
Turntable_Berputar	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.4	True	True	True
Motor_Konveyor_1	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.5	True	True	True
Motor_Konveyor_2	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.6	True	True	True
Motor_Konveyor_3	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q0.7	True	True	True
Motor_Konveyor_4	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.0	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Motor_Konveyor_5	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.1	True	True	True
Motor_Konveyor_6	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.2	True	True	True
Motor_Konveyor_7	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.3	True	True	True
Motor_Konveyor_8	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.4	True	True	True
Motor_Konveyor_9	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q1.5	True	True	True
MACHINE_START	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.0	True	True	True
KONVEYOR_FINISH	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.1	True	True	True
MAIN_DRIVE	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.2	True	True	True
Power_On	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.3	True	True	True
Power_Off	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.4	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
KONVEYOR_LOADING	Standard-Variablentabelle	Bool	%M0.6	True	True	True
Unloading_Konveyor_1(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.0	True	True	True
Unloading_Konveyor_2(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.1	True	True	True
Turntable_Unload(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.2	True	True	True
Turntable_Load(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.3	True	True	True
Turntable_Berputar(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.4	True	True	True
Motor_Konveyor_1(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.5	True	True	True
Motor_Konveyor_2(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.6	True	True	True
Motor_Konveyor_3(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q200.7	True	True	True
Motor_Konveyor_4(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.0	True	True	True

Name	Path	Data Type	Logical Address	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable
Motor_Konveyor_5(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.1	True	True	True
Motor_Konveyor_6(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.2	True	True	True
Motor_Konveyor_7(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.3	True	True	True
Motor_Konveyor_8(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.4	True	True	True
Motor_Konveyor_9(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.5	True	True	True
KONVEYOR_READY(To-ASRS)	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q201.6	True	True	True

Lampiran C. Daftar HMI Tags dan Pemetaan Alamat PLC

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Slot_1	HMI_Connection_1	Slot_1	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_1	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_1	Bool	1	Binary	Symbolic access
ASRS_START	HMI_Connection_1	ASRS_START	Bool	1	Binary	Symbolic access
ASRS_FINISH	HMI_Connection_1	ASRS_FINISH	Bool	1	Binary	Symbolic access
K1	HMI_Connection_1	K1	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_2	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_2	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_2	HMI_Connection_1	Slot_2	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_3	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_3	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_3	HMI_Connection_1	Slot_3	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Slot_4	HMI_Connection_1	Slot_4	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_4	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_4	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_5	HMI_Connection_1	Slot_5	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_5	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_5	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_6	HMI_Connection_1	Slot_6	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_6	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_6	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_7	HMI_Connection_1	Slot_7	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_7	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_7	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_8	HMI_Connection_1	Slot_8	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_8	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_8	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Slot_9	HMI_Connection_1	Slot_9	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_9	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_9	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_10	HMI_Connection_1	Slot_10	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_10	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_10	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_11	HMI_Connection_1	Slot_11	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_11	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_11	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_12	HMI_Connection_1	Slot_12	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_12	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_12	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_13	HMI_Connection_1	Slot_13	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_13	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_13	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Slot_14	HMI_Connection_1	Slot_14	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_14	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_14	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_15	HMI_Connection_1	Slot_15	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_15	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_15	Bool	1	Binary	Symbolic access
Slot_16	HMI_Connection_1	Slot_16	Bool	1	Binary	Symbolic access
Ambil_Slot_16	HMI_Connection_1	Ambil_Slot_16	Bool	1	Binary	Symbolic access
Power_Off	HMI_Connection_3	Power_Off	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_1	HMI_Connection_3	Station_1	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_2	HMI_Connection_3	Station_2	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_3	HMI_Connection_3	Station_3	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Station_4	HMI_Connection_3	Station_4	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_5	HMI_Connection_3	Station_5	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_6	HMI_Connection_3	Station_6	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_7	HMI_Connection_3	Station_7	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_8	HMI_Connection_3	Station_8	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_9	HMI_Connection_3	Station_9	Bool	1	Binary	Symbolic access
Station_10	HMI_Connection_3	Station_10	Bool	1	Binary	Symbolic access
KONVEYOR_READY	HMI_Connection_3	"KONVEYOR_READY (To-ASRS)"	Bool	1	Binary	Symbolic access
MAIN_DRIVE	HMI_Connection_3	MAIN_DRIVE	Bool	1	Binary	Symbolic access
KONVEYOR_FINISH	HMI_Connection_3	KONVEYOR_FINISH	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
Power_On	HMI_Connection_3	Power_On	Bool	1	Binary	Symbolic access
MACHINE_START	HMI_Connection_3	MACHINE_START	Bool	1	Binary	Symbolic access
DB_HMI_Status_sistem	HMI_Connection_1	DB_HMI. Status_sistem	Int	2	Binary	Symbolic access
K16	HMI_Connection_1	K16	Bool	1	Binary	Symbolic access
K15	HMI_Connection_1	K15	Bool	1	Binary	Symbolic access
K14	HMI_Connection_1	K14	Bool	1	Binary	Symbolic access
K13	HMI_Connection_1	K13	Bool	1	Binary	Symbolic access
K12	HMI_Connection_1	K12	Bool	1	Binary	Symbolic access
K11	HMI_Connection_1	K11	Bool	1	Binary	Symbolic access
K10	HMI_Connection_1	K10	Bool	1	Binary	Symbolic access

Name	Connection	PLC tag	Data Type	Length	Coding	Access Method
K8	HMI_Connection_1	K8	Bool	1	Binary	Symbolic access
K7	HMI_Connection_1	K7	Bool	1	Binary	Symbolic access
K6	HMI_Connection_1	K6	Bool	1	Binary	Symbolic access
K5	HMI_Connection_1	K5	Bool	1	Binary	Symbolic access
K4	HMI_Connection_1	K4	Bool	1	Binary	Symbolic access
K3	HMI_Connection_1	K3	Bool	1	Binary	Symbolic access
K2	HMI_Connection_1	K2	Bool	1	Binary	Symbolic access
K9	HMI_Connection_1	K9	Bool	1	Binary	Symbolic access

Lampiran D. Historical Data

Totally Integrated Automation Portal																																																								
Historical data Datalogs Data_Prosses <table><tr><td>Name</td><td>Data_Prosses</td><td>Storage location</td><td>CSV file (ASCII)</td><td>Path</td><td>D:\Shelly\Automation\Tugas_Akhir_3\Logs</td></tr><tr><td>Type of data source</td><td>User-defined name of data source</td><td>Name of data source</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> Konveyor Ready <table><tr><td>Name</td><td>Konveyor Ready</td><td>Process tag</td><td>KONVEYOR_READY</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 2 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 2</td><td>Process tag</td><td>K2</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 3 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 3</td><td>Process tag</td><td>K3</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 4 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 4</td><td>Process tag</td><td>K4</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 5 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 5</td><td>Process tag</td><td>K5</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 6 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 6</td><td>Process tag</td><td>K6</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table> Mengambil Barang di Slot 7 <table><tr><td>Name</td><td>Mengambil Barang di Slot 7</td><td>Process tag</td><td>K7</td><td>Process tag type</td><td>Binary</td></tr></table>			Name	Data_Prosses	Storage location	CSV file (ASCII)	Path	D:\Shelly\Automation\Tugas_Akhir_3\Logs	Type of data source	User-defined name of data source	Name of data source				Name	Konveyor Ready	Process tag	KONVEYOR_READY	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 2	Process tag	K2	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 3	Process tag	K3	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 4	Process tag	K4	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 5	Process tag	K5	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 6	Process tag	K6	Process tag type	Binary	Name	Mengambil Barang di Slot 7	Process tag	K7	Process tag type	Binary
Name	Data_Prosses	Storage location	CSV file (ASCII)	Path	D:\Shelly\Automation\Tugas_Akhir_3\Logs																																																			
Type of data source	User-defined name of data source	Name of data source																																																						
Name	Konveyor Ready	Process tag	KONVEYOR_READY	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 2	Process tag	K2	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 3	Process tag	K3	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 4	Process tag	K4	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 5	Process tag	K5	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 6	Process tag	K6	Process tag type	Binary																																																			
Name	Mengambil Barang di Slot 7	Process tag	K7	Process tag type	Binary																																																			

Totally Integrated Automation Portal		
Mengambil Barang di Slot 8		
Name	Mengambil Barang di Slot 8	Process tag K8 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 9		
Name	Mengambil Barang di Slot 9	Process tag K9 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 10		
Name	Mengambil Barang di Slot 10	Process tag K10 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 11		
Name	Mengambil Barang di Slot 11	Process tag K11 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 12		
Name	Mengambil Barang di Slot 12	Process tag K12 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 13		
Name	Mengambil Barang di Slot 13	Process tag K13 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 14		
Name	Mengambil Barang di Slot 14	Process tag K14 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 15		
Name	Mengambil Barang di Slot 15	Process tag K15 Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 16		
Name	Mengambil Barang di Slot 16	Process tag K16 Process tag type Binary
Pengambilan Barang Selesai		
Name	Pengambilan Barang Selesai	Process tag ASRS_FINISH Process tag type Binary

Totally Integrated Automation Portal		
MAIN DRIVE Konveyor Bergerak		
Name	MAIN DRIVE Konveyor Bergerak	Process tag MAIN_DRIVE Process tag type Binary
Konveyor Selesai		
Name	Konveyor Selesai	Process tag KONVEYOR_FINISH Process tag type Binary
Mengambil Barang di Slot 1		
Name	Mengambil Barang di Slot 1	Process tag K1 Process tag type Binary

Lampiran E. Daftar Text List Entry

Name	Parent	Value	Text [en-US]
Text_list_entry_1	Teks_Log	0	MAIN DRIVE Konveyor Bergerak
Text_list_entry_2	Teks_Log	1	Konveyor Ready
Text_list_entry_3	Teks_Log	2	Konveyor Selesai
Text_list_entry_4	Teks_Log	3	Mengambil Barang di Slot 1
Text_list_entry_5	Teks_Log	4	Mengambil Barang di Slot 2
Text_list_entry_6	Teks_Log	5	Mengambil Barang di Slot 3
Text_list_entry_7	Teks_Log	6	Mengambil Barang di Slot 4
Text_list_entry_8	Teks_Log	7	Mengambil Barang di Slot 5
Text_list_entry_9	Teks_Log	8	Mengambil Barang di Slot 6
Text_list_entry_10	Teks_Log	9	Mengambil Barang di Slot 7
Text_list_entry_11	Teks_Log	10	Mengambil Barang di Slot 8
Text_list_entry_12	Teks_Log	11	Mengambil Barang di Slot 9
Text_list_entry_13	Teks_Log	12	Mengambil Barang di Slot 10
Text_list_entry_14	Teks_Log	13	Mengambil Barang di Slot 11
Text_list_entry_15	Teks_Log	14	Mengambil Barang di Slot 12
Text_list_entry_16	Teks_Log	15	Mengambil Barang di Slot 13
Text_list_entry_17	Teks_Log	16	Mengambil Barang di Slot 14

Name	Parent	Value	Text [en-US]
Text_list_entry_18	Teks_Log	17	Mengambil Barang di Slot 15
Text_list_entry_19	Teks_Log	18	Mengambil Barang di Slot 16
Text_list_entry_20	Teks_Log	19	Pengambilan Barang Selesai

Lampiran F. Ladder Diagram PLC_ASRS

Totally Integrated Automation Portal

Main [OB1]

Main Properties

General

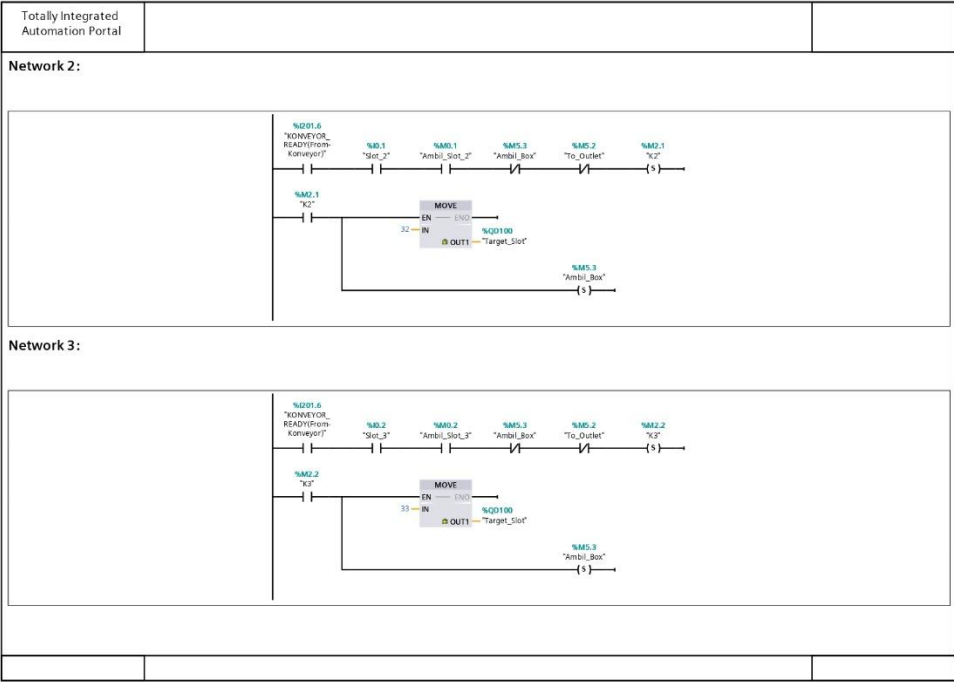
Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD
Numbering	Automatic						

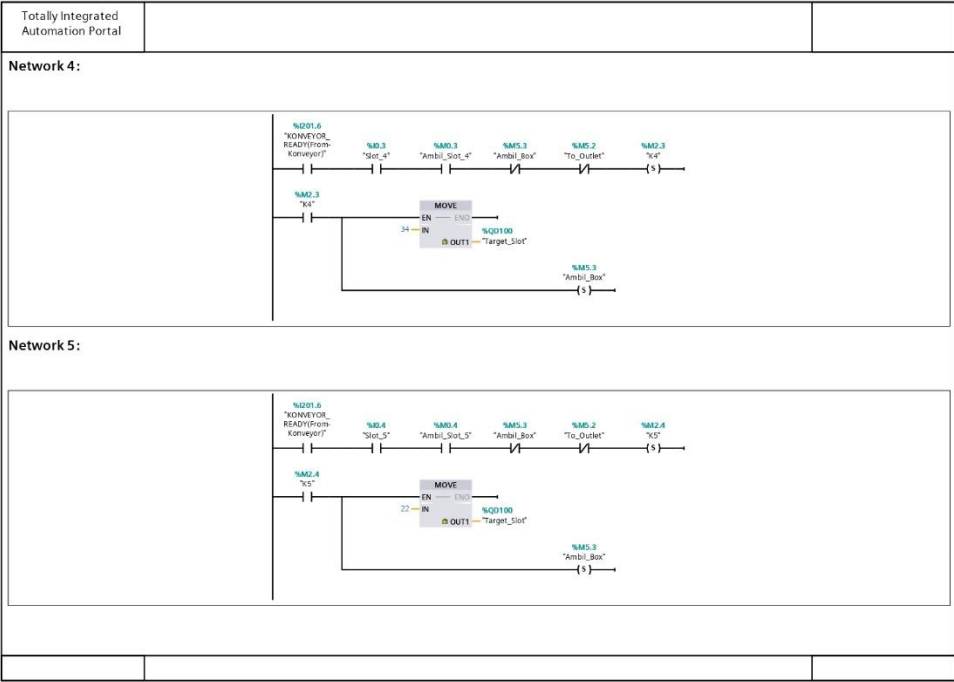
Information

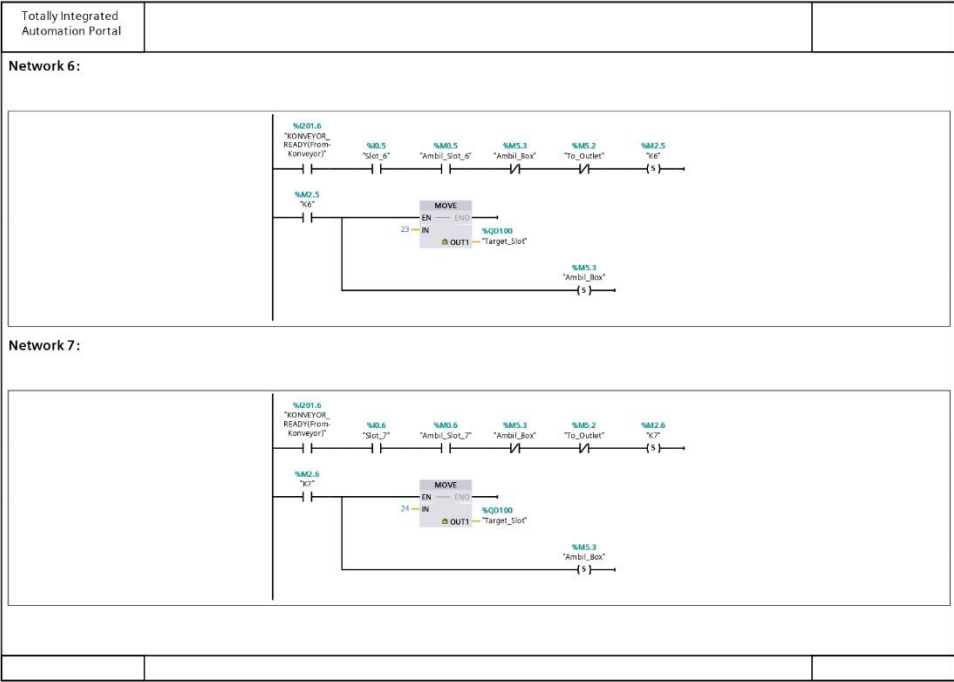
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family	
Version	0.1	User-defined ID					

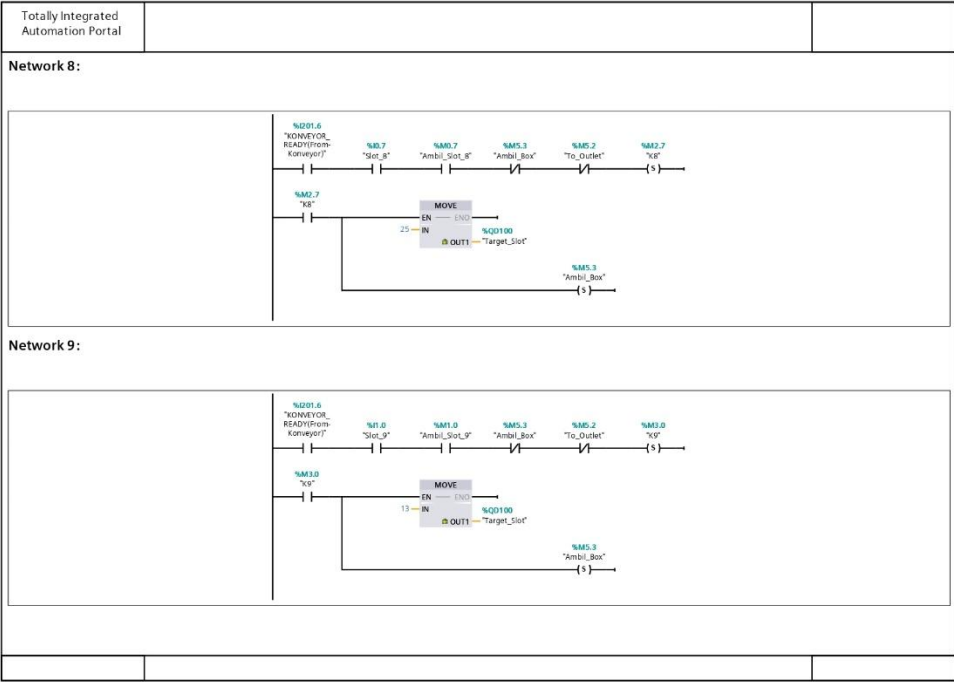
Name	Data type	Default value	Comment
▼ Input			
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB
Remanence	Bool		~True, if remanent data are available
Temp			
Constant			

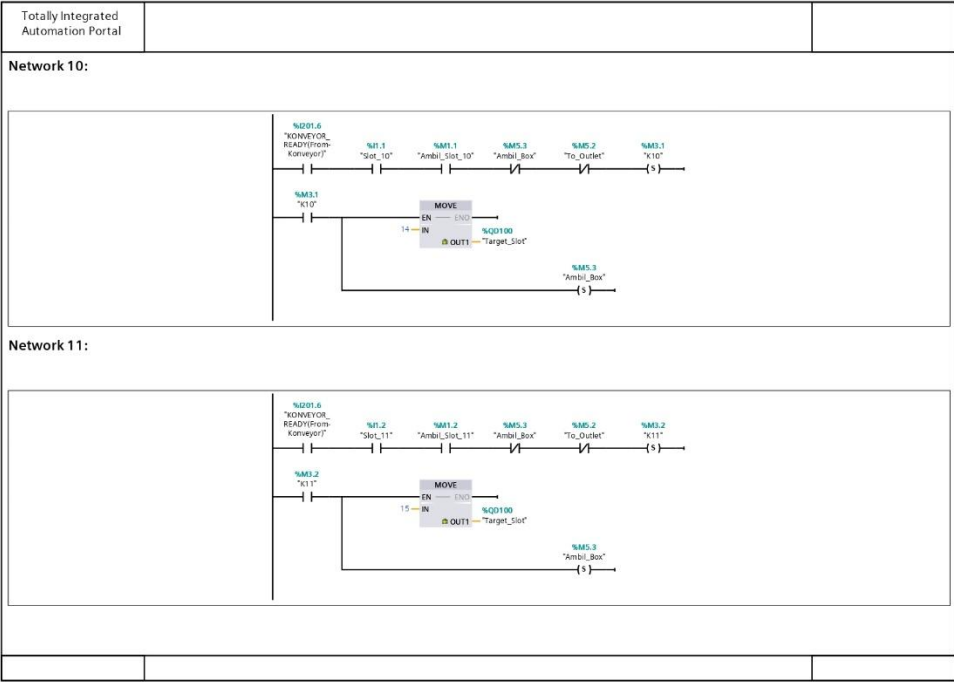
Network 1:

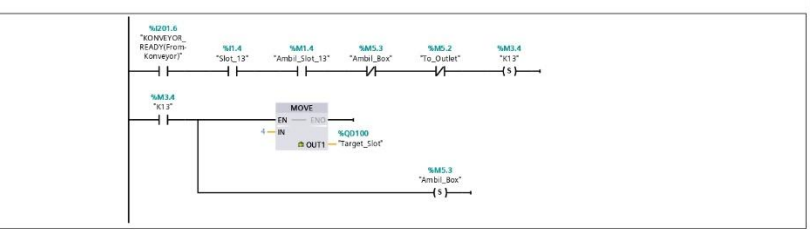
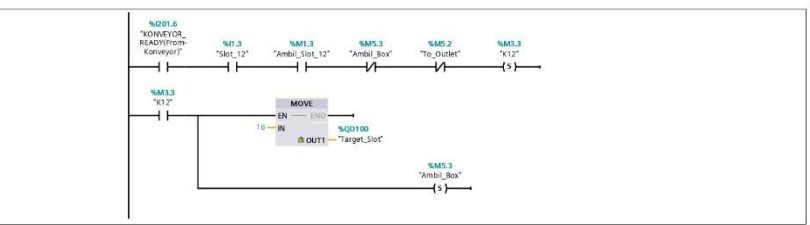


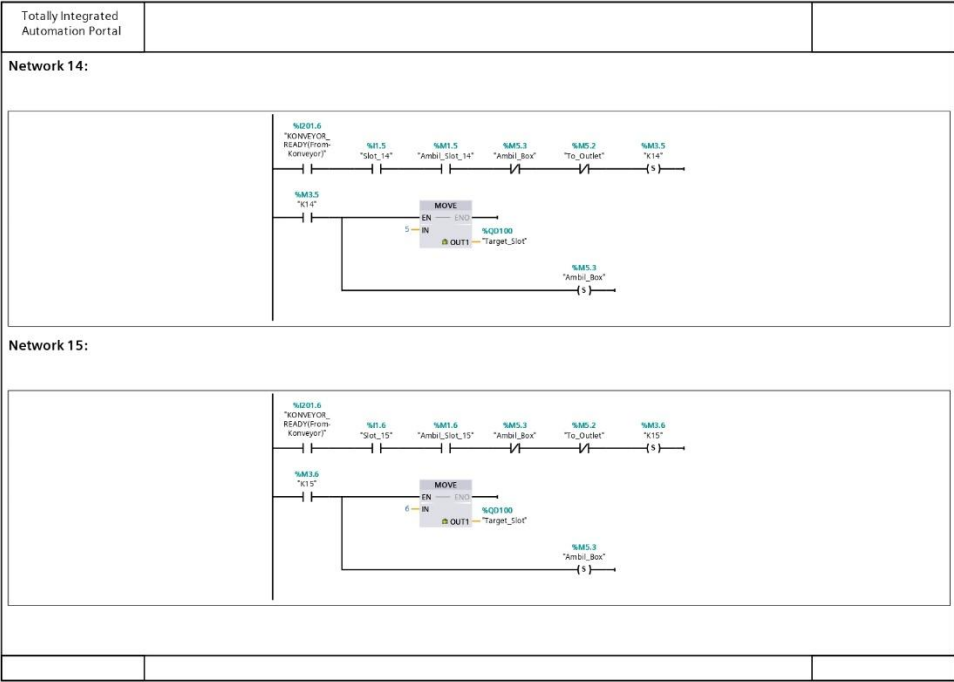


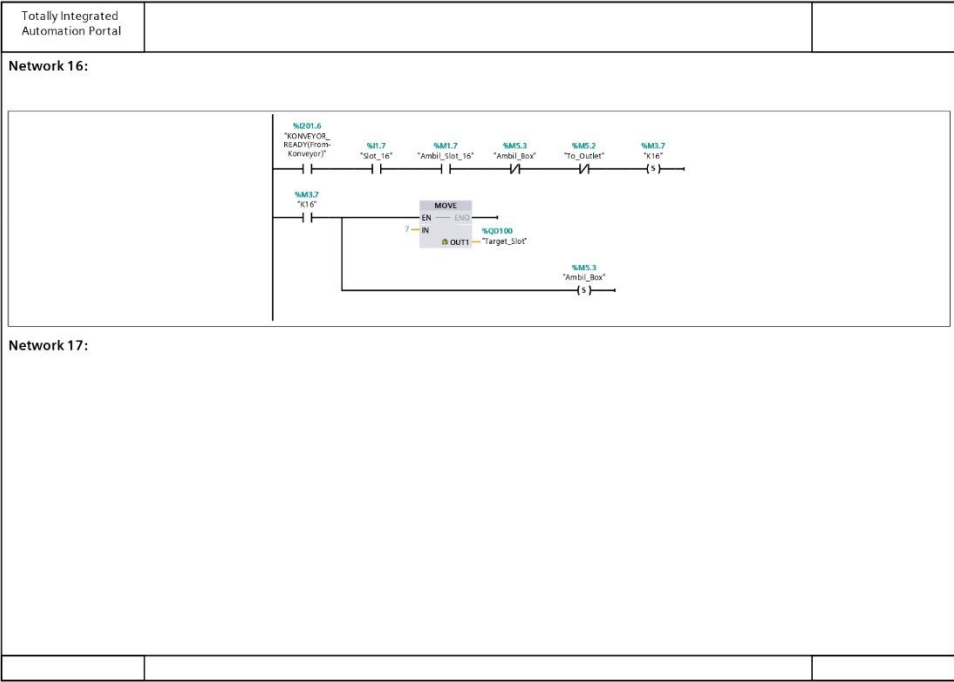


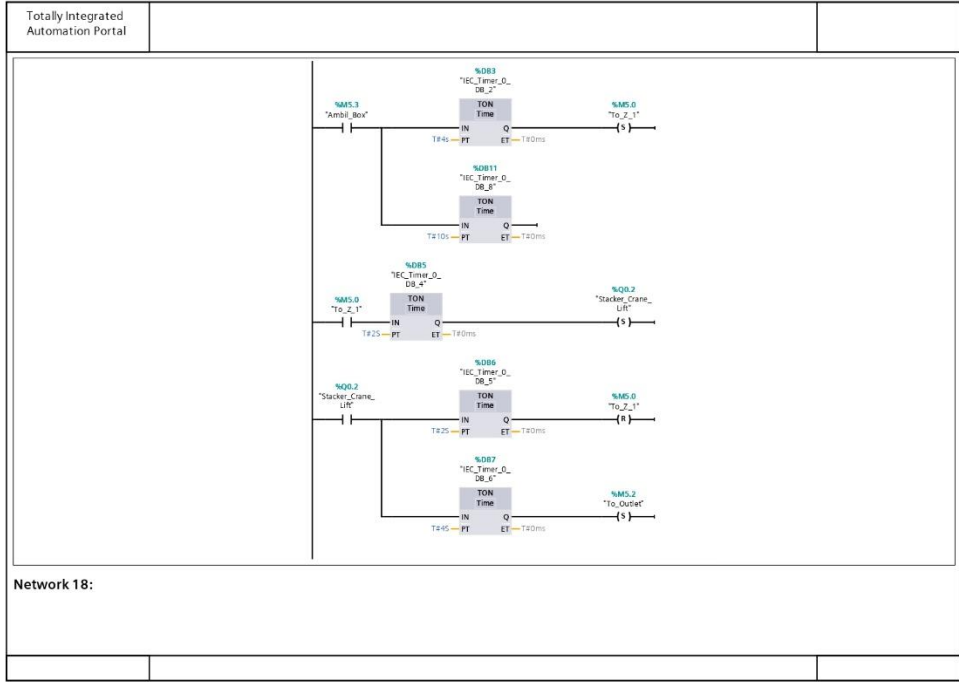




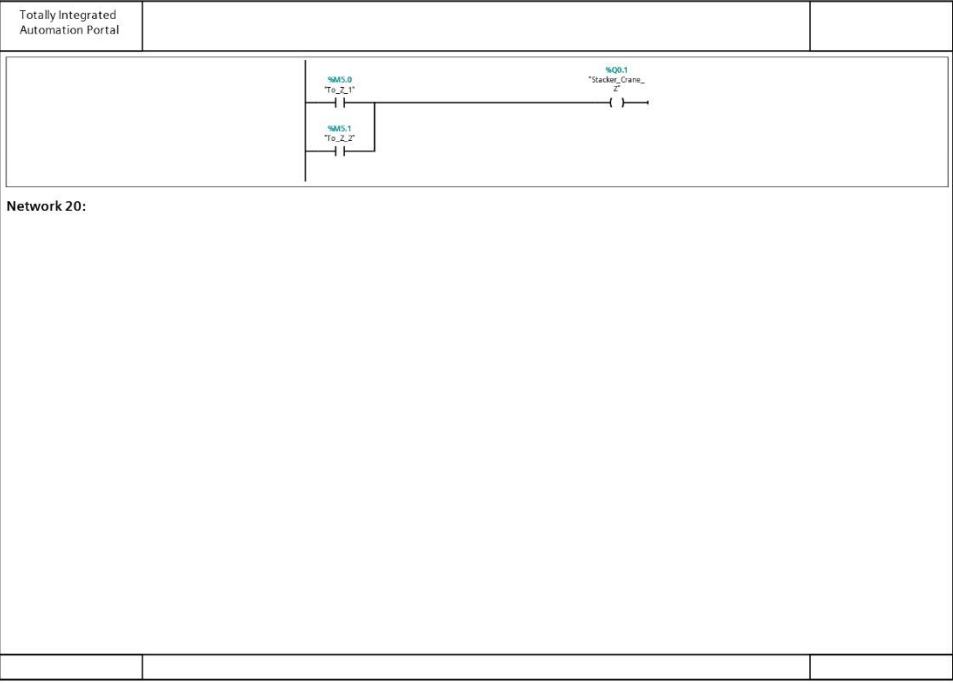


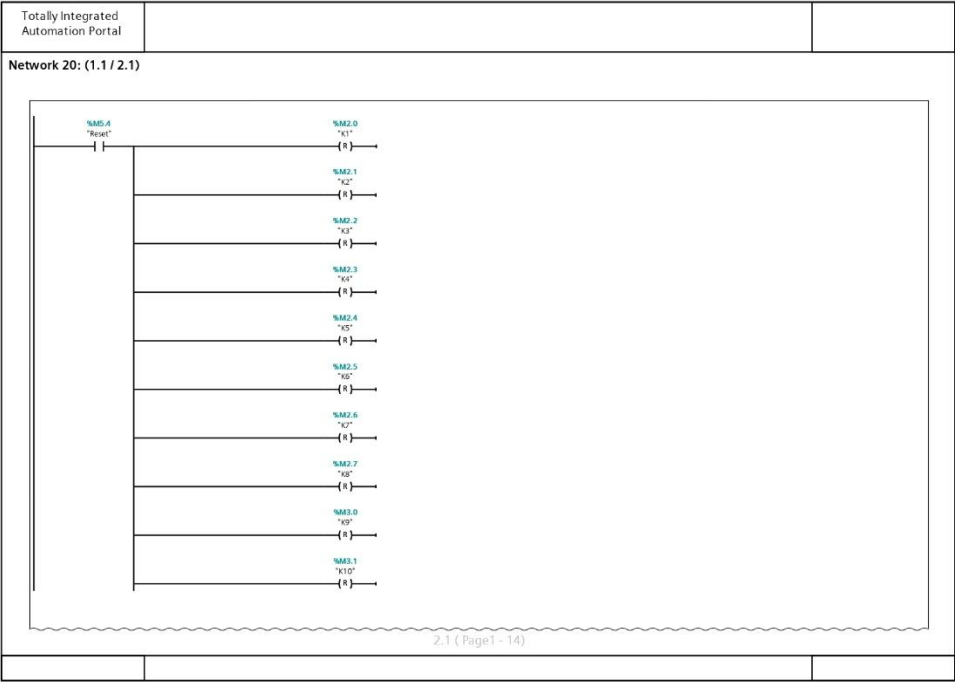






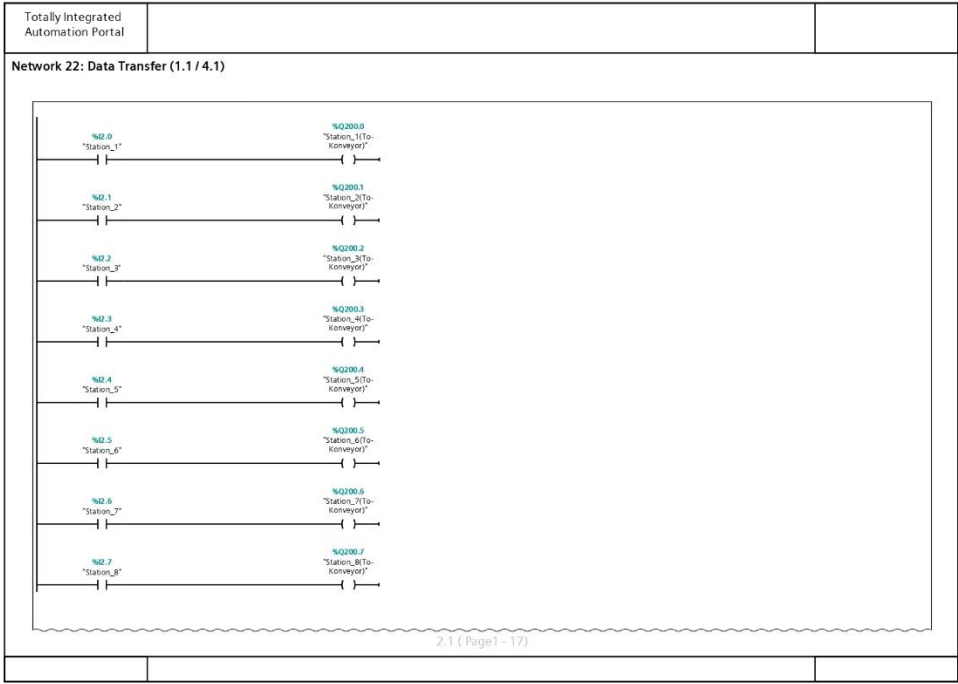






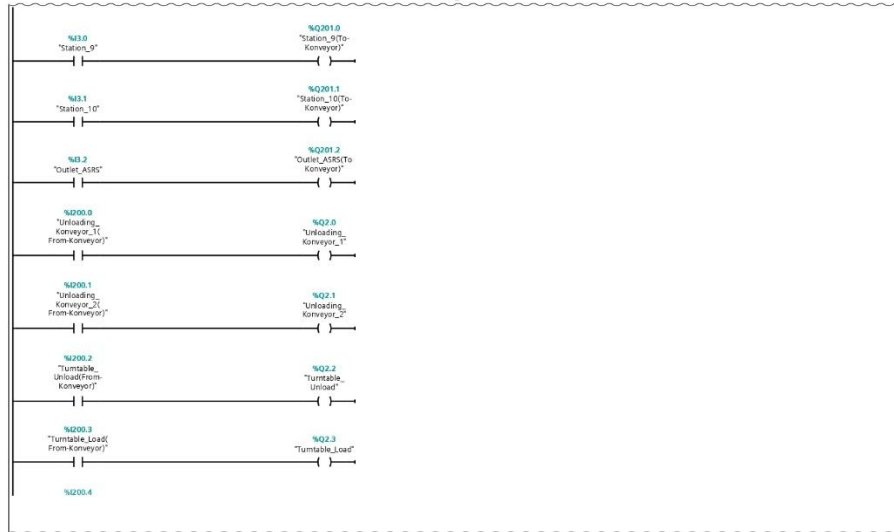
Totally Integrated Automation Portal		
Network 20: (2.1 / 2.1)		
1.1 (Page1 - 13)		
NAME2 "K11" { 0 } NAME3 "K12" { 0 } NAME4 "K13" { 0 } NAME5 "K14" { 0 } NAME6 "K15" { 0 } NAME7 "K16" { 0 }		

Totally Integrated Automation Portal		
Network 21:		
%M5.2 "Outlet_AIR5" %M5.2 "Trg_Outlet"		
Network 22: Data Transfer		

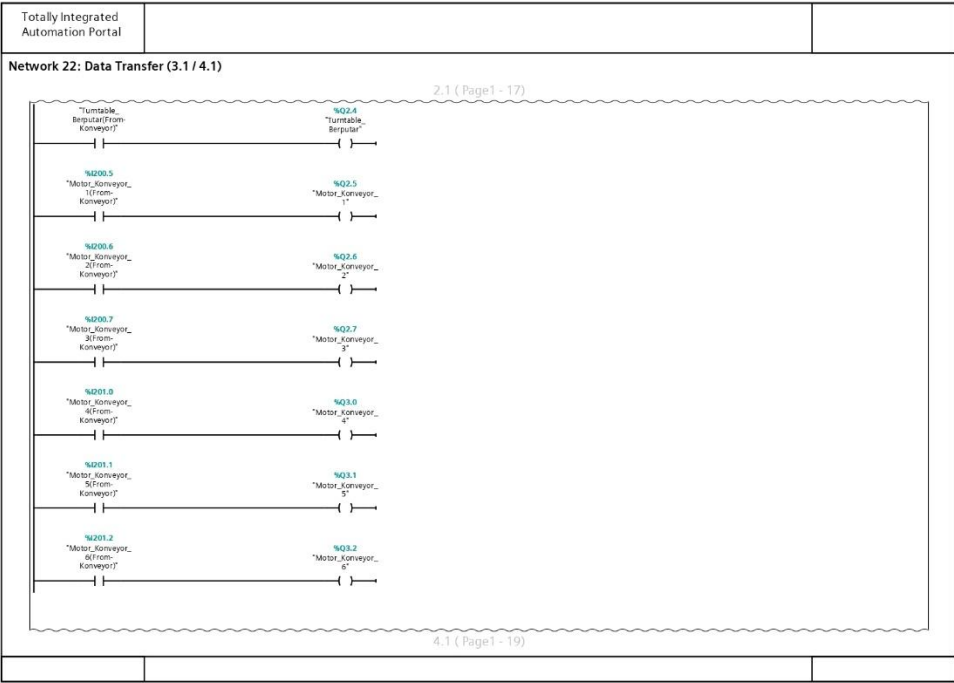


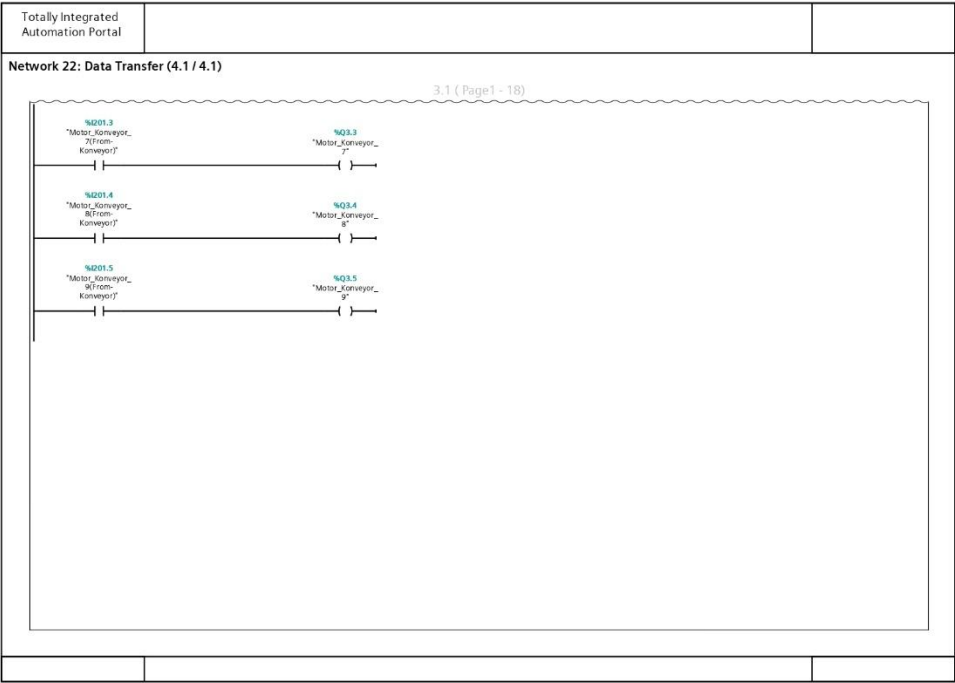
Network 22: Data Transfer (2.1 / 4.1)

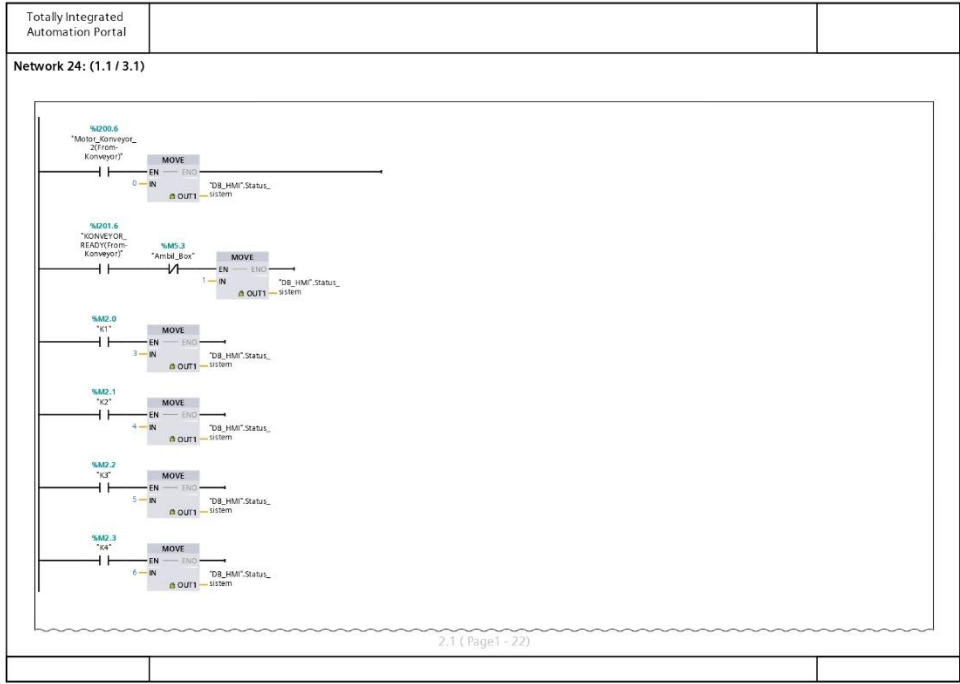
1.1 (Page1 - 16)



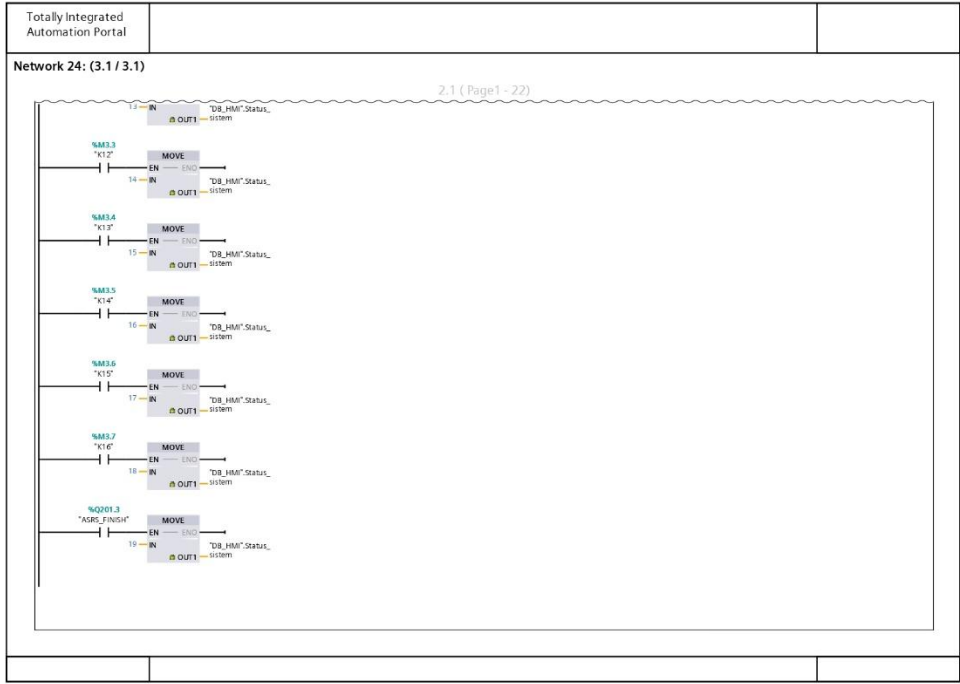
3.1 (Page1 - 18)







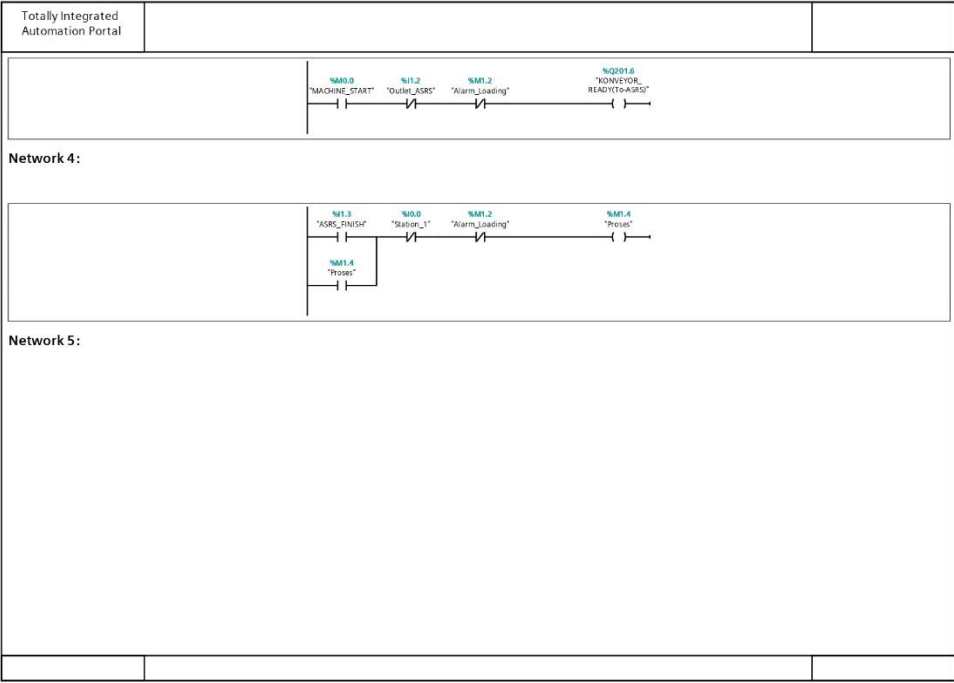


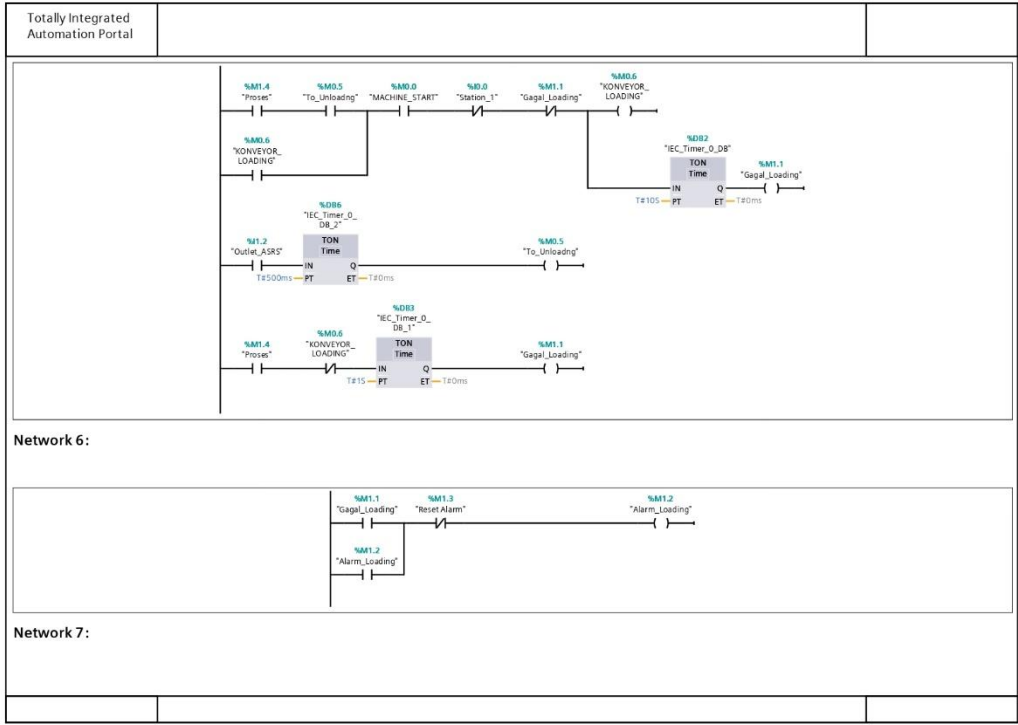


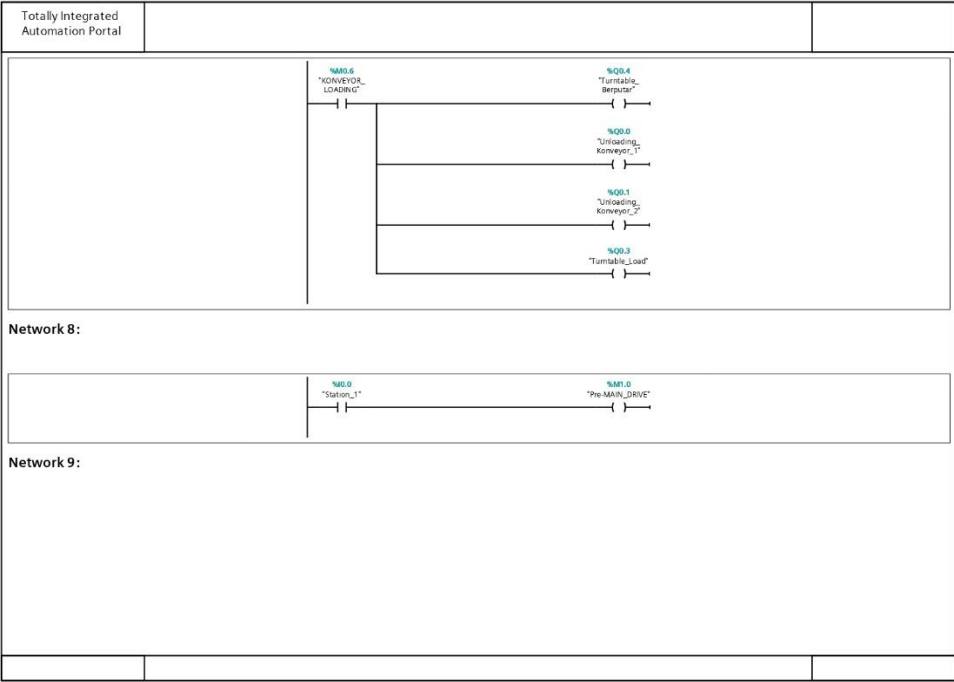
Totally Integrated Automation Portal		
Network 25:		
%I3.2 "Outlet_ALARM" %Q201.3 "MSP_Finish"		
Network 26:		
"EC_Timer_On" DB"0" %M4.1 "Alarm_Reset" %M4.0 "Signal_Home" %M4.1 "Alarm_Reset" %M5.2 "Io_Outlet"		
Network 27:		

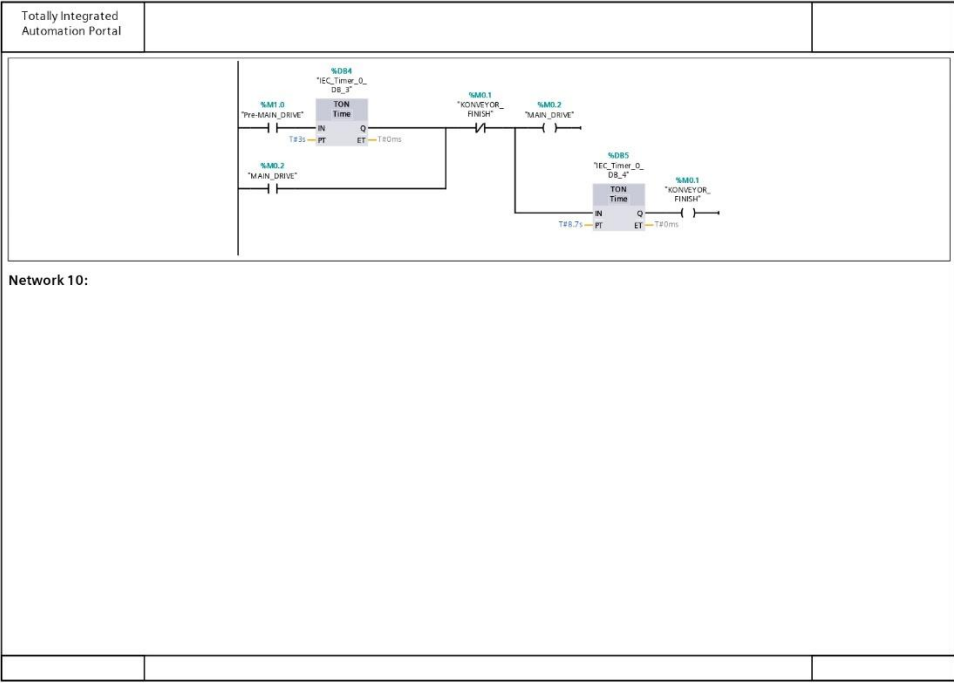
Lampiran G. Ladder Diagram PLC_KONVEYOR

Totally Integrated Automation Portal		
Main [OB1]		
Main Properties		
General		
Name	Main	Number 1
Type	OB	Language LAD
Numbering		
Automatic		
Information		
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author
Comment		Family
Version	0.1	User-defined ID
Input		
Name	Data type	Default value
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
Temp		
Constant		
Network 2:		
<pre>graph LR; P1["%M0.3 'Power_On'"] --- J1(()); P2["%M0.0 'MACHINE_START'"] --- J1; J1 --- P3["%M0.4 'Power_Off'"]; P3 --- C1["%M0.0 'MACHINE_START'"]</pre>		
Network 3:		

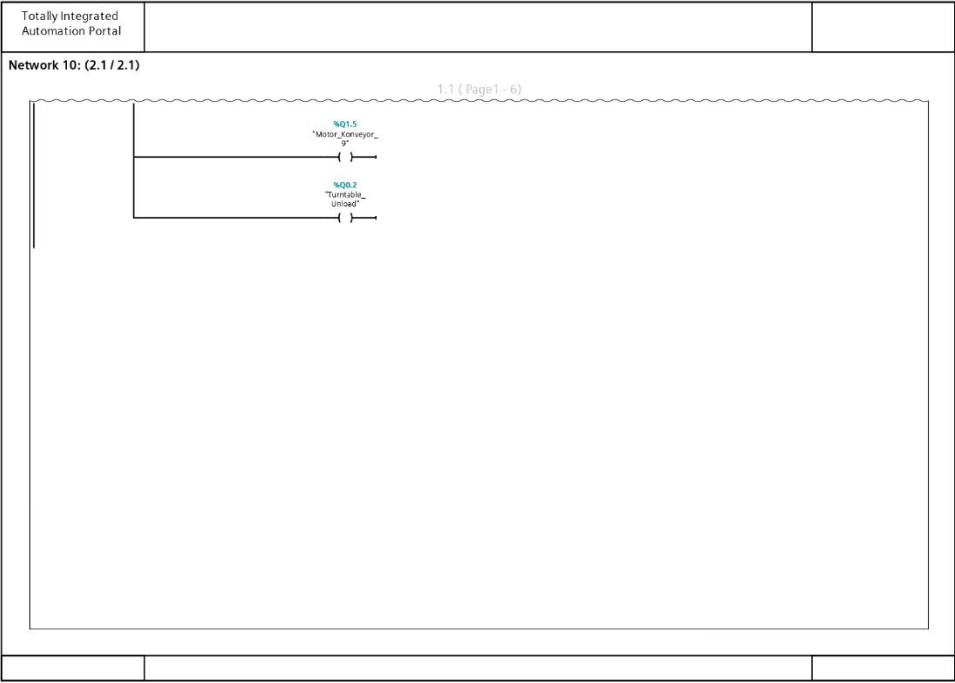












Totally Integrated Automation Portal		
Network 11: Data Transfer		

