

Perancangan Sistem Kontrol *Sequential Time* Kompresor Berbasis PLC dan HMI di PT. X

Andan Muntohir^{1*}, Candra Pradhana², Indah Martha Fitriani³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Raden Rahmat, Malang

*Penulis Korespondensi, email: anmuntohir@gmail.com

Received: 03/12/2025

Revised: 14/12/2025

Accepted: 28/12/2025

Abstract. This research aims to design and implement a compressor control system using a Programmable Logic Controller (PLC) integrated with a Human Machine Interface (HMI) at PT. X. Previously, the system lacked a structured sequential control setup and was not equipped with an HMI panel, making both monitoring and operation inefficient—especially considering the ± 800 -meter distance between the control room and the compressor plant. To address this issue, an automated control system was developed with a sequential load/unload arrangement, enhanced with an HMI interface to allow real-time field monitoring. The study applied a development research method, covering stages such as system design, PLC and HMI programming, control panel assembly, and a 10-day field test. Results showed that the system operated as intended, with accurate pressure readings and improved troubleshooting response, with the average response time decreasing from approximately 15 minutes to approximately 5 minutes. Moreover, it successfully distributed compressor runtime more evenly across units. Overall, the integration of PLC and HMI significantly improved operational efficiency and made system supervision more practical and responsive.

Keywords: Compressor, PLC, HMI, Sequential, Control System

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol kompresor berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI) di PT. X. Sistem sebelumnya belum memiliki pengaturan *sequential* yang terstruktur dan tidak dilengkapi dengan panel HMI, sehingga pemantauan dan pengoperasian kompresor kurang efisien, terlebih karena jarak ruang operator dengan *plant* kompresor sekitar 800 meter. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kontrol otomatis dengan pengaturan urutan kerja *load/unload* kompresor secara *sequential*, integrasi HMI sebagai media monitoring sistem lapangan secara langsung, serta meningkatkan keandalan dan efisiensi pengoperasian. Metode yang digunakan berupa penelitian pengembangan dengan tahapan perancangan, pemrograman PLC dan HMI, perakitan panel kontrol, dan pengujian sistem menyeluruh dilaksanakan selama 10 hari. Hasil pengujian menunjukkan sistem *sequential* berjalan sesuai program, tekanan udara terbaca akurat, dan peningkatan respon *troubleshooting*, dengan penurunan rata – rata waktu respon dari sekitar 15 menit menjadi sekitar 5 menit. Sistem juga mampu meratakan durasi waktu kerja kompresor antar unit. Kesimpulannya, sistem kontrol PLC dengan HMI meningkatkan efektivitas pengoperasian Kompresor dan memudahkan pengawasan sistem.

Kata Kunci: Kompresor, PLC, HMI, *Sequential*, Sistem Kontrol

I. PENDAHULUAN

PT. X merupakan salah satu perusahaan industri besar di Indonesia yang memproduksi semen dalam skala nasional. Untuk mendukung efisiensi dan keandalan proses produksi, perusahaan ini terus mengembangkan sistem otomatisasi pada berbagai sistem produksi. Salah satu sistem penting yang digunakan adalah sistem udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor. Udara bertekanan ini digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari pengoperasian aktuator pneumatik, proses pengeringan, penggilingan, pengemasan, hingga

untuk menjaga kestabilan operasional *kiln* dalam proses pembakaran [1], [2].

Kompresor merupakan perangkat mekanis yang berfungsi untuk memampatkan udara, sehingga tekanannya meningkat. Prinsip kerjanya dimulai dari pengambilan udara bebas dari lingkungan sekitar, kemudian udara tersebut dikompresi dan disalurkan dalam bentuk udara bertekanan ke dalam sistem atau tangki penyimpanan [3], [4], [5]. Kompresor yang digunakan pada salah satu *plant* di PT. X berjumlah lima unit dan memiliki peran penting dalam mendukung efisiensi dan keandalan

proses produksi. Namun, sistem kontrol yang digunakan sebelumnya hanya menggunakan metode *load/unload* sederhana tanpa pengaturan *sequential* yang terstruktur. Hal ini menyebabkan ketidakseimbangan durasi waktu kerja antar unit kompresor, potensi beban berlebih pada unit tertentu yang menyebabkan kurang optimalnya efisiensi energi dalam operasional produksi.

Selain itu, sistem sebelumnya belum dilengkapi dengan antarmuka *Human Machine Interface* (HMI), sehingga operator tidak dapat melakukan pemantauan secara langsung [6], [7]. Sedangkan, jarak antara *workshop* operator dengan *plant* kompresor mencapai sekitar 800 meter. Jarak ini menyebabkan keterlambatan dalam proses monitoring lapangan maupun penanganan gangguan, serta meningkatkan risiko kesalahan pengoperasian.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, diperlukan sistem kontrol otomatis yang mampu mengatur urutan kerja kompresor secara bergantian menggunakan logika waktu (*sequential time*) dan dapat dimonitor secara *real-time* melalui HMI. *Programmable Logic Controller* (PLC) dalam sistem kontrol *sequential* memungkinkan setiap tahapan proses berjalan secara berurutan dan tepat waktu, sehingga kestabilan urutan operasi dapat terjaga dengan baik [8]. Selain itu PLC juga digunakan sebagai pusat kendali karena kemampuannya dalam mengolah logika kontrol secara fleksibel dan reliabel [9], [10]. Sementara itu, HMI digunakan untuk menampilkan nilai tekanan udara, status kompresor, durasi waktu kerja unit, serta menu pengaturan *delay* antar unit, sehingga operator dapat melakukan pemantauan dan pengendalian secara lebih praktis.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem kontrol kompresor berbasis PLC dengan integrasi HMI pada *plant* kompresor PT. X. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi risiko kesalahan manusia (*human error*), serta mempercepat respon terhadap perubahan kondisi lapangan atau gangguan teknis. Meskipun beberapa penelitian telah membahas penggunaan PLC dan

HMI pada sistem kompresor, kajian yang secara khusus menerapkan pengaturan *load/unload* kompresor secara *sequential* berbasis waktu pada sistem multi-unit serta mengaitkannya dengan pemerataan durasi waktu kerja dan kemudahan monitoring jarak jauh masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan untuk mengisi celah tersebut melalui implementasi sistem kontrol kompresor berbasis PLC yang terintegrasi dengan HMI pada lingkungan industri. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem otomasi industri lainnya di masa depan, khususnya pada fasilitas yang memiliki kebutuhan udara bertekanan dengan skala besar.

II. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan sistem kontrol *sequential time* kompresor berbasis PLC dan HMI.

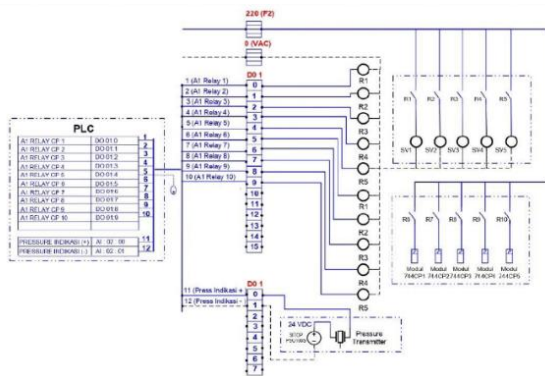
A. Observasi dan identifikasi masalah

Pengamatan penelitian dilakukan di unit kerja kompresor *plant* 4 PT. X, yang terdiri dari 5 unit kompresor tipe Sullair LS-20S dengan masing-masing daya motor 150 kW. Untuk mengidentifikasi kekurangan sistem kontrol yang ada, yaitu tidak teraturnya urutan operasional kompresor, keterbatasan monitoring secara *real-time*, dan durasi operasional kompresor yang tidak merata.

B. Perancangan sistem

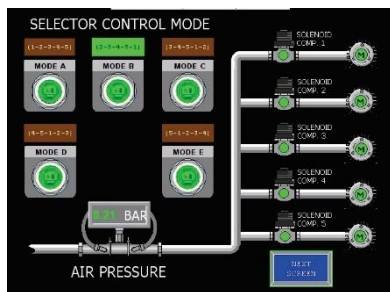
Rancangan sistem mencakup:

1. Pembuatan *wiring* diagram dan skema instalasi panel kontrol yang ditunjukkan pada Gambar 1.
2. Perancangan program PLC menggunakan software RSLogix 5000, dengan logika program *sequential time* untuk lima mode operasi (A – E). Tiap mode menentukan urutan *loading/unloading* kompresor.



Gambar 1. Wiring Diagram Panel

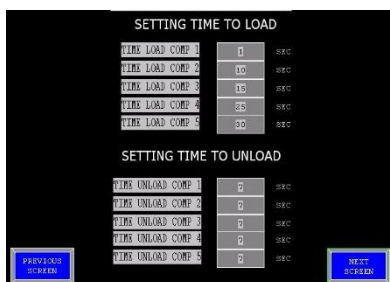
- Desain tampilan HMI dengan FactoryTalk View Studio dengan tampilan dan fitur pemilihan mode operasional ditunjukkan pada Gambar 2., pengaturan *timer delay sequential* ditunjukkan dalam Gambar 3., *input* nilai parameter tekanan (*low/high limit*) ditunjukkan pada Gambar 4., dan monitoring durasi operasional kompresor tiap unit ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 2. Layer 1 HMI



Gambar 3. Layer 2 HMI



Gambar 4. Layer 3 HMI



Gambar 5. Layer 4 HMI

C. Implementasi dan perakitan

Komponen yang digunakan seperti PLC, HMI, *pressure transmitter*, solenoid valve, *power supply*, dan *relay* dirakit dalam satu box panel dengan memperhatikan *wiring diagram*.

D. Pengujian sistem

Pengujian dilakukan secara fungsional dan pengujian menyeluruh di lapangan selama 10 hari. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Keakuratan urutan operasional kompresor (berdasarkan mode *sequential*).
- Respons sistem terhadap tekanan (*low/high pressure*).
- Pengujian timer delay kontrol *sequential*
- Monitoring durasi operasional kompresor yang ditampilkan di HMI.

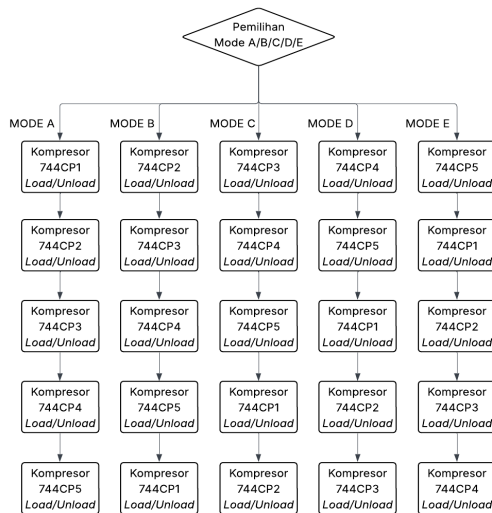
Data hasil pengujian dicatat untuk dianalisis dalam aspek kestabilan tekanan, durasi loading, serta efektivitas penggunaan urutan kerja otomatis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

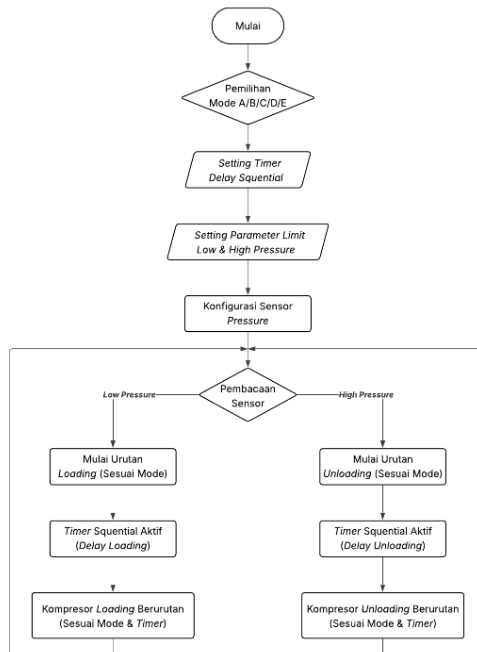
Bab ini membahas hasil implementasi dan pengujian sistem kontrol Kompresor berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI). Pembahasan difokuskan pada kinerja sistem *sequential*, proses monitoring tekanan udara, serta evaluasi respon sistem terhadap kondisi operasi dan gangguan. Hasil yang diperoleh kemudian dianalisis untuk menilai efektivitas sistem yang telah dirancang dibandingkan dengan sistem sebelumnya.

A. Implementasi sistem kontrol

Sistem kontrol dirancang sesuai dengan diagram alur kerja sistem yang ditunjukkan pada Gambar 6., sistem bekerja secara otomatis berdasarkan mode *sequential*, nilai tekanan dari sensor *pressure transmitter*, serta *setting delay timer* antar kompresor melalui HMI. Operator memilih mode kerja (A–E) dengan urutan kerja seperti pada Gambar 7., kemudian operator memasukkan *limit low/high pressure*, dan sistem akan mengatur secara otomatis kapan tiap kompresor *loading* ataupun *unloading* berdasarkan tekanan yang terbaca pada panel HMI.



Gambar 6. Diagram Alur Kinerja Sistem



Gambar 7. Diagram Alur Mode Sequential

B. Pengujian mode sequential kompresor

Sistem diuji menggunakan lima mode urutan kerja sequential (A sampai E). Hasilnya, seluruh mode berjalan sesuai urutan program, dan sistem mampu memuat serta memutus kompresor secara bertahap dengan jeda waktu yang telah ditentukan.

Tabel 1. Pengujian Mode Sequential

MODE	URUTAN OPERASIONAL					KETERANGAN
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 4	Step 5	
A	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	Sesuai
B	CP2	CP3	CP4	CP5	CP1	Sesuai
C	CP3	CP4	CP5	CP1	CP2	Sesuai
D	CP4	CP5	CP1	CP2	CP3	Sesuai
E	CP5	CP1	CP2	CP3	CP4	Sesuai

C. Pengujian timer delay kontrol sequential

Salah satu fitur penting dalam sistem ini adalah *timer delay sequential* yang mengatur jeda waktu antar kompresor saat proses *loading* maupun *unloading*. Berikut data pengujian fungsional tiap mode operasional terhadap *timer delay* PLC dengan jarak waktu aktual antar kompresor.

Tabel 2. Pengujian Timer Delay Sequential Mode A

URUTAN	SETTING TIMER		AKTUAL		STATUS
	Load	Unload	Load	Unload	
CP1	5	10	5	10	Sesuai
CP2	10	10	10	10	Sesuai
CP3	15	10	15	10	Sesuai
CP4	20	10	20	10	Sesuai
CP5	25	10	25	10	Sesuai

Tabel 3. Pengujian Timer Delay Sequential Mode B

URUTAN	SETTING TIMER		AKTUAL		STATUS
	Load	Unload	Load	Unload	
CP2	5	10	5	10	Sesuai
CP3	10	10	10	10	Sesuai
CP4	15	10	15	10	Sesuai
CP5	20	10	20	10	Sesuai
CP1	25	10	25	10	Sesuai

Tabel 4. Pengujian Timer Delay Sequential Mode C

URUTAN	SETTING TIMER		AKTUAL		STATUS
	Load	Unload	Load	Unload	
CP3	5	10	5	10	Sesuai
CP4	10	10	10	10	Sesuai
CP5	15	10	15	10	Sesuai
CP1	20	10	20	10	Sesuai

CP2	25	10	25	10	Sesuai
-----	----	----	----	----	--------

Tabel 5. Pengujian Timer Delay Sequential Mode D

URUTAN	SETTING TIMER		AKTUAL		STATUS
	Load	Unload	Load	Unload	
CP4	5	10	5	10	Sesuai
CP5	10	10	10	10	Sesuai
CP1	15	10	15	10	Sesuai
CP2	20	10	20	10	Sesuai
CP3	25	10	25	10	Sesuai

Tabel 6. Pengujian Timer Delay Sequential Mode E

URUTAN	SETTING TIMER		AKTUAL		STATUS
	Load	Unload	Load	Unload	
CP5	5	10	5	10	Sesuai
CP1	10	10	10	10	Sesuai
CP2	15	10	15	10	Sesuai
CP3	20	10	20	10	Sesuai
CP4	25	10	25	10	Sesuai

D. Respon sistem terhadap tekanan udara

Sistem secara otomatis memantau tekanan melalui sensor. Apabila tekanan berada di bawah batas minimum (*limit low*), maka sistem akan mengaktifkan mode *loading*, sedangkan jika tekanan melebihi batas maksimum (*limit high*), sistem akan beralih ke mode *unloading*.

Tabel 7. Respon Sistem Terhadap Tekanan Udara

NO	TEKANAN	STATUS	RESPON SISTEM	KET
1	5.5	Low	Loading	Sesuai
2	6.0	Low	Loading	Sesuai
3	6.5	High	Unloading	Sesuai
4	7.0	High	Unloading	Sesuai

E. Monitoring durasi operasional kompresor

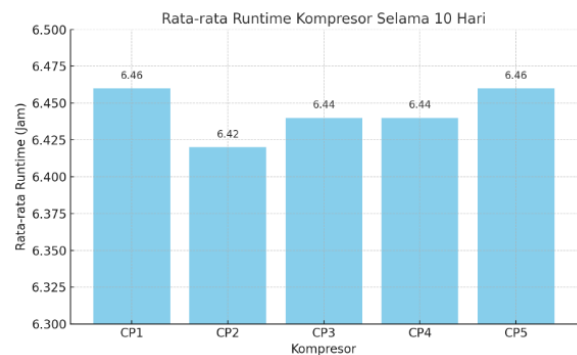
Dengan fitur *counter internal* PLC, sistem menghitung total jam kerja kompresor saat berada dalam kondisi *load*. Hasil perhitungan ditampilkan di HMI sebagai acuan rotasi kerja dan *maintenance*.

Tabel 8. Monitoring Durasi Operasional

TANGGAL	MODE	RUNTIME KOMPRESOR (JAM)				
		CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
10/6/2025	A	7	6,5	6,3	6,1	5,9
11/6/2025	B	6	7,2	6,9	6,6	6,3
12/6/2025	C	6,2	5,8	6,9	6,5	6,3
13/6/2025	D	6,5	6,2	6	7,1	6,8
14/6/2025	E	6,6	6,4	6,1	5,9	7
15/6/2025	A	7	6,5	6,3	6,1	5,9
16/6/2025	B	6	7,2	6,9	6,6	6,3
17/6/2025	C	6,2	5,8	6,9	6,5	6,3
18/6/2025	D	6,5	6,2	6	7,1	6,8
19/6/2025	E	6,6	6,4	6,1	5,9	7
Rata - rata		6,46	6,42	6,44	6,44	6,46

F. Efektivitas sistem

Hasil implementasi menunjukkan sistem kontrol



Bagan 1. Rata – Rata Durasi Operasional Kompresor Selama 10 Hari

Berjalan stabil dengan beberapa keunggulan:

1. Operator dapat memantau sistem secara *real-time* dari workshop.
2. Sistem *load/unload* operasional kompresor lebih terstruktur.
3. Pemakaian energi dan beban kerja kompresor menjadi lebih merata dan terkontrol.
4. Sistem lebih adaptif dan aman, karena operator dapat menyesuaikan *setpoint* tekanan *limit low/high* dari HMI.

Dampak implementasi sistem ini terhadap operasional *plant* terlihat pada peningkatan keandalan suplai udara bertekanan yang lebih stabil, berkurangnya potensi keterlambatan penanganan gangguan yang awalnya kurang lebih 15 menit menjadi sekitar 5 menit, serta mendukung kontinuitas proses produksi. Dengan monitoring

dan pengaturan yang terpusat melalui HMI, operator dapat melakukan tindakan korektif lebih cepat tanpa harus menuju lokasi Kompresor, sehingga efisiensi kerja di area *plant* meningkat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kontrol kompresor berbasis *Programmable Logic Controller* (PLC) yang terintegrasi dengan *Human Machine Interface* (HMI), serta saran untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem pada penelitian selanjutnya.

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi sistem kontrol *sequential time* kompresor berbasis PLC dan integrasi HMI di PT. X, diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Sistem *sequential time* berbasis PLC mampu mengatur urutan kerja kompresor secara otomatis dan efisien.
2. Integrasi HMI memungkinkan pemantauan sistem secara *real-time*, sehingga meningkatkan kenyamanan dan respon operator terhadap kondisi teknis.
3. Fitur pengaturan tekanan dan pemantauan waktu kerja berhasil membuat pembagian beban kerja antar unit menjadi lebih merata.
4. Sistem ini secara keseluruhan meningkatkan keandalan dan efektivitas dalam pengelolaan sistem kompresor industri.

Dengan beberapa acuan sebagai saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan lebih lanjut dan penyempurnaan sistem kontrol kompresor, baik dari sisi teknis maupun penerapan pada skala operasional yang lebih luas, antara lain sebagai berikut

1. Pengembangan sistem kontrol kompresor ke depan dapat ditekankan pada peningkatan fungsi monitoring dan pencatatan data secara *real-time* yang bertujuan untuk mendukung analisis efisiensi dan performa sistem secara berkelanjutan.
2. Selain itu, integrasi dengan teknologi IoT atau SCADA direkomendasikan untuk memperluas jangkauan pemantauan dan otomatisasi. Agar sistem dapat dioperasikan secara optimal,

diperlukan sosialisasi dan pelatihan kepada operator mengenai penggunaan HMI, khususnya dalam pengaturan mode kerja, *timer delay sequential*, dan batas tekanan *low/high*.

3. Sebagai langkah antisipasi, sistem juga perlu dilengkapi dengan backup kontrol untuk menghadapi kondisi darurat seperti gangguan pada PLC atau HMI, sehingga keberlangsungan operasional tetap terjamin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT. X atas dukungan dan fasilitas yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian dan implementasi sistem kontrol. Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing, rekan-rekan di lingkungan kerja, serta seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi, baik dalam bentuk teknis maupun moril, sehingga pelaksanaan penelitian ini dapat berjalan lancar sampai selesai.

REFERENSI

- [1] D. S. Permana and Y. Kusuma, "Analisis Kinerja Sistem Kompresor Udara di Jalur Produksi PT. X Melalui Audit Energi," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 2, p. 91, 2021.
- [2] A. Chandra, *Peran kompresor dalam menunjang produksi semen di PT Semen Padang*, Repository Universitas Ekasakti, 2023.
- [3] A. Candra, R. Abu, M. Mukhnizar, Z. Zulkarnain, and A. Azman, "Analisis Penyebab Over Heating Untuk Tindakan Perawatan Pada Screw Compressor Di PT. Semen Padang Unit Indarung IV," *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*, vol. 6, no. 4, pp. 1313–1320, 2023.
- [4] Y.-J. Zhao, H.-Y. Wu, Z.-J. Wang, dan L.-B. Wei, "Numerical Study on the Transient Pneumatic Characteristics of a Piston-Type Air Compressor During the Compressing Process," *Processes*, vol. 13, no. 4, p. 1211, 2025.
- [5] M. B. Suthar, "Analytical Description of Pneumatic System," *International Journal of Scientific & Engineering Research (IJSER)*, vol. 4, no. 9, pp. 1739–1742, 2013.

- [6] M. Manshur, A. Triwiyatno, and B. Setiyono, “Perancangan *Human Machine Interface* (HMI) pada model konveyor pengangkutan material,” *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 4, no. 3, pp. 802–808, 2015.
- [7] Imnadir and I. D. Zai, “Penerapan PLC HMI (Human Machine Interface) untuk monitoring objek pada sistem pengisian minuman ke dalam botol,” *Buletin Utama Teknik*, vol. 18, no. 1, pp. 47–54, 2022.
- [8] I. M. Fitriani, A. D. Putra, A. Fadliana, C. Pradhana, F. Andhika, R. Herasmara, and D. Widiatmoko, “Pelatihan Kendali Sequential Berbasis *Programmable Logic Controller* pada Simulasi Otomasi Sistem Produksi,” *I-Com: Indonesian Community Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 15–23, Dec. 2021.
- [9] D. Yuhendri, “Penggunaan PLC sebagai pengontrol peralatan building automatis,” *Journal of Electrical Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [10] A. Ayub, H. Yoo, and I. Ahmed, “Empirical study of PLC authentication protocols in industrial control systems,” in *Proc. 2021 IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)*, San Francisco, CA, USA, May 2021, pp. 383–397.