

IMPLEMENTASI KENDALI BERURUTAN OTOMATIS BERBASIS LIMIT SWITCH PADA MODUL PRAKTIKUM PLC OMRON CP1E UNTUK PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI

Dedi Tri Laksono^{1*}, Tri Artono², Mira Wellya Fatma³, Rien Afrianti⁴, Fadhilah Oriyasmi⁵, Fadli Fadilillah⁶, Faisal Amir⁷, Riyanto⁸

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Politeknik Negeri Padang; Jalan Kampus, Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang; (0751) 72590

Keywords:

PLC; limit switch;
training module;
sequential control;

Correspondent Email:

deditrilaksono@pnp.ac.id

Abstrak. Sistem otomasi industri modern mengandalkan logika kendali berurutan yang responsif terhadap umpan balik sensor posisi. Namun, pemahaman konsep ini masih terbatas di kalangan mahasiswa akibat minimnya modul praktikum berbasis sensor. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan kendali berurutan otomatis menggunakan *limit switch* sebagai sensor posisi pada modul praktikum PLC portabel berbasis Omron CP1E. Metode penelitian mengikuti pendekatan *Research and Development* (R&D) yang meliputi perancangan, perakitan, pemrograman *ladder diagram*, dan pengujian fungsional berulang. Sistem dirancang agar satu perintah *start* memicu siklus penuh: Cylinder 1 maju, menekan *limit switch open*, Cylinder 2 maju, Cylinder 1 mundur, Cylinder 2 mundur, lalu mengulang hingga *timer* habis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh transisi gerak terjadi secara akurat sesuai urutan yang diprogram, tanpa *miss-trigger* maupun intervensi manual. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi *limit switch* dengan PLC mampu merealisasikan kendali *closed-loop* sederhana yang andal. Modul ini memberikan pengalaman belajar autentik dan direkomendasikan sebagai media pembelajaran kendali berbasis kondisi nyata di pendidikan vokasi.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Modern industrial automation relies on sequential control logic that responds to position sensor feedback; however, student comprehension of this concept remains limited due to the scarcity of sensor-based PLC training modules. This study aims to implement an automatic sequential control system using limit switches as position sensors on a portable Omron CP1E PLC-based practical training module. The research follows a *Research and Development* (R&D) approach, encompassing design, assembly, ladder diagram programming, and repeated functional testing. The system is configured such that a single *START* command initiates a full cycle: Cylinder 1 extends and actuates its limit switch, triggering Cylinder 2 to extend; subsequently, Cylinder 1 retracts, followed by Cylinder 2, and the cycle repeats until a preset timer expires. Testing results demonstrate that all motion transitions occur accurately according to the programmed sequence, with no *miss-triggering* or manual intervention. This confirms that the integration of limit switches with a PLC can effectively realize a reliable, simple closed-loop control system. The module provides an authentic hands-on learning experience and is recommended as an educational tool for condition-based control learning in vocational and electrical engineering education.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sistem otomasi industri modern tidak dapat dilepaskan dari peran *Programmable Logic Controller* (PLC) sebagai otak pengendali proses produksi [1]. PLC menawarkan fleksibilitas, keandalan, dan kemampuan integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator, menjadikannya tulang punggung dalam lini produksi otomatis [2]. Salah satu pola kendali dasar namun fundamental dalam otomasi adalah kendali berurutan otomatis, yaitu sistem yang menjalankan serangkaian operasi secara terurut berdasarkan umpan balik dari sensor posisi, seperti *limit switch* [3]. Kendali jenis ini banyak diterapkan pada mesin *pick-and-place*, konveyor berurutan, dan sistem *assembly* pneumatik [4].

Namun, di lingkungan pendidikan vokasi—khususnya di Program Studi D3 Teknik Listrik—pemahaman konsep ini masih terhambat oleh keterbatasan modul praktikum yang memadai. Banyak laboratorium hanya menyediakan modul berbasis input manual (*push button*) tanpa integrasi sensor posisi nyata, sehingga mahasiswa kesulitan memahami logika *closed-loop* dan transisi kondisional berbasis *feedback*. Akibatnya, pembelajaran PLC cenderung bersifat teoretis atau hanya mengeksekusi logika *open-loop*, yang tidak mencerminkan kondisi riil di industri.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan modul praktikum PLC, seperti oleh Sekar [5] yang memanfaatkan *outseal* berbasis Arduino, dan Muh Khassin [6] yang merancang *trainer-kit* berbasis Omron CP1E. Namun, kedua penelitian tersebut belum mengintegrasikan sensor posisi (*limit switch*) untuk menciptakan siklus otomatisasi berurutan yang benar-benar mandiri. Selain itu, desain modulnya cenderung besar dan tidak portabel, sehingga kurang praktis untuk kegiatan praktikum di kelas.

Penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut dengan merancang dan mengimplementasikan modul praktikum PLC portabel berbasis Omron CP1E yang dilengkapi *limit switch* sebagai sensor posisi dan aktuator pneumatik (silinder ganda + solenoid). Sistem dirancang agar satu perintah *start* memicu siklus otomatis berurutan: Cylinder 1 maju → menekan *limit switch* → Cylinder 2 maju → Cylinder 1 mundur → Cylinder 2 mundur → ulang, hingga

timer habis—tanpa intervensi manual. Pendekatan ini merepresentasikan skenario *sequential control* berbasis *real-world feedback* yang umum di industri.

Kebaruan penelitian ini terletak pada:

- (1) integrasi *limit switch* dalam modul praktikum pendidikan untuk simulasi kendali *closed-loop* sederhana,
- (2) desain modul yang portabel (dalam koper aluminium 28×50 cm) namun tetap menggunakan komponen standar industri (Omron CP1E, solenoid Airtac, silinder pneumatik stainless), dan
- (3) pengujian kuantitatif terhadap kecepatan respon aktuator terhadap variasi tekanan udara—yang dapat menjadi acuan dalam pengajaran sistem pneumatik.

Tujuan utama penelitian ini adalah membuktikan bahwa sistem kendali berurutan otomatis berbasis *limit switch* dapat diimplementasikan secara efektif pada modul praktikum pendidikan, sehingga menjadi media pembelajaran autentik untuk memperkuat literasi otomasi mahasiswa vokasi.

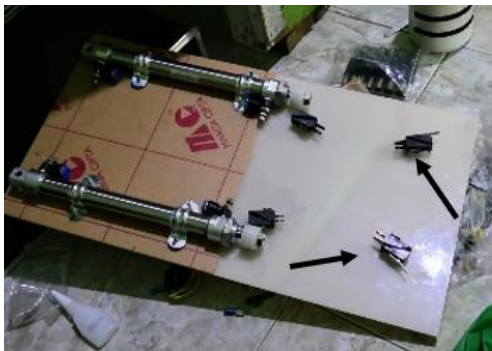
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Programmable Logic Controller (PLC) dalam Otomasi Industri

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan perangkat kendali digital yang dirancang untuk menggantikan sistem relay elektromekanis dalam otomasi industri [7]. PLC bekerja dengan membaca sinyal input dari perangkat seperti *push button*, sensor, atau *limit switch*, memprosesnya berdasarkan program logika (umumnya dalam bentuk *Ladder Diagram*), lalu menghasilkan sinyal output ke aktuator seperti *solenoid*, motor, atau *pilot lamp*. Keunggulan PLC terletak pada fleksibilitas pemrograman ulang, keandalan tinggi di lingkungan industri, serta kemampuan integrasi dengan komponen standar industri [8]. Di bidang pendidikan vokasi, PLC seri Omron CP1E banyak digunakan karena memiliki rasio kinerja - harga (*cost-performance*) tinggi, dukungan perangkat lunak CX - Programmer yang *user-friendly*, serta jumlah I/O digital yang cukup untuk skenario praktikum dasar hingga menengah.

2.2. Limit Switch sebagai Sensor Posisi dalam Sistem Kendali Berurutan

Limit switch merupakan sensor mekanis yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan atau posisi suatu benda melalui kontak fisik [5]. Dalam sistem kendali berurutan otomatis, *limit switch* berperan sebagai *feedback* posisi yang memicu transisi logika pada PLC [9]. Misalnya, ketika *cylinder pneumatic* mencapai posisi akhir maju (*extend*), *limit switch* akan berubah status (NO → NC atau sebaliknya), yang kemudian diolah PLC sebagai sinyal untuk mengaktifkan langkah berikutnya dalam urutan kendali. Pendekatan ini membentuk sistem *closed-loop* sederhana yang lebih representatif terhadap kondisi riil di industri dibandingkan kendali berbasis *open-loop* yang hanya mengandalkan input manual.



Gambar 1. Pemasangan *limit switch*

2.3. Integrasi Pneumatik dengan PLC untuk Otomasi Aktuator

Sistem pneumatik menggunakan udara bertekanan untuk menggerakkan aktuator seperti *cylinder pneumatic* [10]. Kendali pneumatik modern umumnya menggabungkan *solenoid valve* (sebagai antarmuka elektrik-udara) dengan PLC, sehingga gerakan aktuator dapat dikendalikan secara presisi melalui logika digital. *Cylinder pneumatic* tipe *double-acting*—yang digunakan dalam penelitian ini—memerlukan dua arah aliran udara untuk gerakan maju dan mundur, sehingga memerlukan *solenoid valve* tipe 5/2. Integrasi ini memungkinkan realisasi skenario otomasi berurutan seperti *pick-and-place*, *clamping*, atau *indexing*, yang menjadi dasar kompetensi teknisi otomasi.

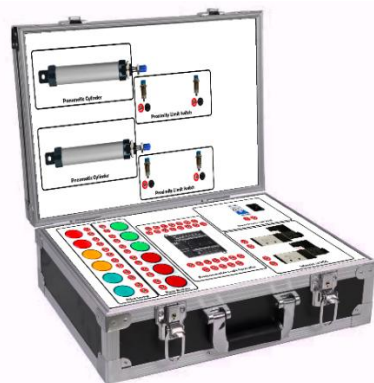


Gambar 2. Silinder Pneumatik

2.4. Modul Praktikum PLC dalam Pendidikan Vokasi

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan modul praktikum PLC. Sekar [5] merancang modul berbasis *outseal* Arduino, namun sistem tersebut belum menggunakan komponen standar industri dan tidak mengintegrasikan *limit switch*. Muh Khassin [6] mengembangkan *trainer-kit* PLC Omron CP1E, tetapi desainnya tidak portabel dan tidak menyertakan aktuator pneumatik. Kedua penelitian tersebut belum menyediakan skenario kendali berurutan otomatis berbasis *real-world feedback* dari sensor posisi.

Penelitian ini memperluas kontribusi tersebut dengan mengintegrasikan *limit switch*, *cylinder pneumatic*, dan *solenoid valve* dalam satu modul portabel berbasis Omron CP1E, sehingga memungkinkan simulasi kendali berurutan yang lebih autentik dan sesuai dengan praktik industri sesungguhnya.

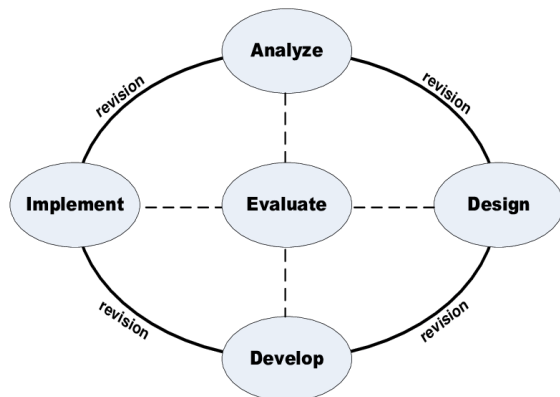


Gambar 3. Desain Modul Praktikum PLC

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Metode ini dipilih karena bertujuan menghasilkan produk nyata

berupa modul praktikum PLC portabel yang dapat digunakan secara langsung dalam pembelajaran otomasi di pendidikan vokasi. Seluruh tahapan dirancang untuk memastikan kelayakan fungsional, keandalan sistem, dan relevansi edukasi.



Gambar 4. Model ADDIE[11]

3.1. Analisis Kebutuhan dan Perancangan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan melalui observasi langsung di laboratorium PSDKU Pelalawan, Politeknik Negeri Padang, serta studi literatur terkait modul praktikum PLC berbasis industri. Hasil analisis menunjukkan bahwa modul yang ada belum mengintegrasikan sensor posisi (*limit switch*) dan aktuator pneumatik secara simultan.

Berdasarkan temuan tersebut, ditetapkan spesifikasi teknis sebagai berikut:

1. PLC
Omron CP1E N20DR-D (12 input digital, 8 output digital, 24 VDC)
2. Aktuator
2 buah *cylinder pneumatic* tipe double-acting (bore 20 mm, stroke 150 mm)
3. Kontrol aliran udara
2 buah *solenoid valve* 5/2 Airtac 4V210-08 (24 VDC)
4. Sensor posisi
4 buah *limit switch* (2 untuk *open/close* Cylinder 1, 2 untuk Cylinder 2)
5. Antarmuka pengguna
6 *push button* (NO/NC) dan 6 *pilot lamp* (merah, kuning, hijau)
6. Wadah modul
koper aluminium berukuran 28 cm × 50 cm dengan *base acrylic*

Desain tata letak komponen disusun menggunakan perangkat lunak grafis untuk memastikan ergonomi, aksesibilitas, dan keselamatan operasional. Semua koneksi input/output antar komponen dilengkapi jack banana female untuk memudahkan rekabelisasi selama praktikum.

3.2. Pengembangan dan Perakitan Perangkat Keras

Perakitan dilakukan secara bertahap:

1. Pemotongan dan pembolongan acrylic sesuai tata letak desain.
2. Pemasangan komponen PLC, *push button*, *pilot lamp*, *solenoid valve*, *cylinder pneumatic*, dan *limit switch*.
3. Penyolderan jalur kabel dari terminal PLC ke *banana jack* sesuai pemetaan alamat I/O.
4. Integrasi pneumatic sambungan tubing udara dari *solenoid* ke *cylinder* menggunakan fitting *push-to-connect*.

Seluruh komponen diuji fungsi awal (*pre-commissioning*) sebelum integrasi penuh untuk memastikan tidak ada kerusakan atau ketidaksesuaian spesifikasi.



Gambar 5. Pengujian fungsi komponen

3.3. Pemrograman dan Konfigurasi Logika Kendali

Pemrograman PLC dilakukan menggunakan perangkat lunak Omron CX-Programmer (versi 9.7) dengan bahasa Ladder Diagram sesuai standar IEC 61131-3. Pemetaan I/O digital mengikuti Tabel 1.

Tabel 1. Pemetaan Input/Output pada PLC

Alamat	Fungsi	Jenis
0.00 – 0.04	<i>Push button</i> 1-5	Input
0.05 – 0.08	Limit switch	Input
0.09	<i>Push button</i> 6 (start)	Input
100.00	Solenoid 1	Output
100.01	Solenoid 2	Output
100.02 – 100.07	Pilot lamp 1-6	Output

Logika kendali berurutan dirancang agar satu perintah *start* (PB6) memicu siklus otomatis:

C1 maju → C1 tekan LS *Open* → C2 maju → C2 tekan LS *Open* → C1 mundur → C1 tekan LS *Close* → C2 mundur → C2 tekan LS *Close* → ulang hingga *timer* (T0001, preset 30 detik) selesai.

3.4. Pengujian Fungsional dan Evaluasi Kinerja

Pengujian dilakukan dalam empat skenario:

1. Uji manual
PB → pilot lamp (validasi logika dasar).
2. Uji semi-otomatis
PB → solenoid → cylinder (validasi aktuator).
3. Uji otomatis berurutan
PB6 + *limit switch* → siklus penuh (validasi *closed-loop*).
4. Uji kecepatan respon
Variasi tekanan udara (15–75 PSI) terhadap waktu *open/close* cylinder, diukur dengan stopwatch dan diulang 10 kali per level tekanan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Validasi Logika Kendali Dasar *Push button* – PLC – Pilot Lamp

Uji pertama dilakukan untuk memvalidasi integritas logika pemrograman *Ladder Diagram* pada PLC Omron CP1E. Dalam skenario ini, enam *push button* dikonfigurasi sebagai input digital (alamat 0.00–0.05), sedangkan enam *pilot lamp* sebagai output (alamat 100.02–100.07). Sistem diprogram agar satu tekanan pada *push button* utama (PB6, alamat 0.09) memicu urutan nyala *pilot lamp* dari 1 hingga 6 dengan jeda waktu 500 ms, lalu mati berurutan setelah jeda serupa.



Gambar 6. Proses pengujian fungsi alat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh *pilot lamp* menyala dan mati sesuai urutan dan waktu yang diprogram pada tabel 2. Tidak ditemukan *miss-trigger* atau *ghost output*. Ini membuktikan bahwa:

- Pemetaan I/O PLC akurat,
- Logika *Ladder Diagram* valid, dan
- Wiring fisik bebas kesalahan.

Temuan ini selaras dengan prinsip dasar PLC sebagai *sequential controller* berbasis *scan cycle* [12], di mana setiap *scan* ($\approx 5\text{--}10$ ms untuk CP1E) memastikan sinkronisasi input–logika–output secara *real-time*.

Tabel 2. Pengujian *push button*, PLC, lampu

No	Komponen Diuji	Kondisi Uji	Keterangan
1	<i>Push button</i>	PB ditekan sekali	Berfungsi normal
2	PLC (Pemrosesan Logika)	Menerima sinyal dari PB	Berfungsi normal
3	Pilot Lamp 1–6	Nyala berurutan saat program dijalankan	Berfungsi normal
4	Sistem Keseluruhan	PB ditekan sekali, proses otomatis berjalan	Sistem berfungsi sesuai harapan

4.2. Integrasi Aktuator Pneumatik Kontrol Manual Cylinder

Uji kedua mengintegrasikan dua *cylinder pneumatic* tipe *double acting* dengan dua *solenoid valve* tipe 5/2 (Airtac 4V210-08). Setiap *cylinder* dikendalikan secara terpisah melalui *push button* (PB1 dan PB2). Ketika PB1 ditekan, PLC mengaktifkan *solenoid 1* (output 100.00), mengalirkan udara ke *port A* cylinder 1 → *cylinder maju*. Saat PB1 dilepas, *solenoid*

1 mati, aliran udara ke *port B* → *cylinder mundur*.

Pengamatan visual menunjukkan gerakan maju–mundur yang konsisten selama 10 siklus berulang, tanpa hambatan mekanis atau kebocoran signifikan. Waktu respon rata-rata *open* dan *close* berkisar 35–55 ms menunjukkan sistem pneumatik dalam kondisi optimal. Ini mengonfirmasi bahwa pengendalian PLC–solenoid–cylinder berfungsi sebagai rantai *open-loop* yang responsif, sesuai dengan teori kendali aktuator pneumatik berbasis katup elektro-pneumatik [13].

Tabel 3. Pengujian respons *cylinder*

Open	Close
44ms	75ms
38ms	66ms
44ms	63ms
55ms	65ms
43ms	68ms
35ms	54ms
39ms	60ms
39ms	68ms
40ms	57ms
44ms	57ms
Rata-Rata Open: 36,33	Rata-Rata Close: 54

4.3. Otomatisasi Berurutan Berbasis Limit Switch Simulasi Closed-Loop Sederhana

Uji puncak dirancang untuk menguji kendali berurutan otomatis menggunakan empat *limit switch* (LS *Open/C1*, LS *Close/C1*, LS *Open/C2*, LS *Close/C2*) sebagai *feedback posisi*. Logika kerja sistem:

1. PB6 ditekan → *Solenoid 1 ON* → C1 maju.
2. C1 tekan LS *Open* → *Solenoid 2 ON* → C2 maju.
3. C2 tekan LS *Open* → *Solenoid 1 OFF* → C1 mundur.
4. C1 tekan LS *Close* → *Solenoid 2 OFF* → C2 mundur.
5. C2 tekan LS *Close* → Ulang siklus hingga *timer* (T0001 = 30 detik) habis.

Hasil pengujian:

- 100% transisi gerak terjadi tanpa *miss-trigger*.
- Semua *limit switch* memberikan sinyal NO → NC yang stabil saat tertekan oleh *rod cylinder*.

- Siklus ulang berlangsung 4–5 kali dalam 30 detik (tergantung tekanan udara).



Gambar 7. Pengujian *cylinder pneumatic*

Sistem ini merepresentasikan kendali berurutan berbasis sensor yang umum di industri (misal: *pick-and-place machine*) [14]. Meski tidak menggunakan *encoder* atau *proximity sensor*, *limit switch* mekanis tetap mampu membentuk loop tertutup sederhana karena memberikan *binary feedback* posisi akhir. Ini membuktikan bahwa PLC CP1E mampu menangani logika kondisional multi-langkah berbasis *interrupt sensor*, sesuai standar IEC 61131-3 [15].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem secara komprehensif, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Modul praktikum PLC berbasis Omron CP1E yang dilengkapi *push button*, pilot lamp, solenoid pneumatik, cylinder pneumatik, dan *limit switch* berhasil diimplementasikan dalam wadah portabel berukuran 28 cm × 50 cm. Desain ini memenuhi kebutuhan sarana pembelajaran otomasi di lingkungan pendidikan vokasi yang efisien, fleksibel, dan mudah dipindahkan.
- b. Sistem kendali berurutan otomatis berbasis *limit switch* berfungsi secara akurat dan konsisten. Satu perintah start memicu siklus penuh. Cylinder 1 maju → C2 maju → C1 mundur → C2 mundur → ulang, hingga timer habis—tanpa intervensi manual dan tanpa *miss-trigger*. Hal ini membuktikan bahwa PLC mampu

- merealisasikan logika *closed-loop* sederhana menggunakan sensor posisi mekanis.
- c. Pengujian kuantitatif menunjukkan bahwa tekanan udara berpengaruh signifikan terhadap waktu *open cylinder*, namun waktu *close* relatif stabil. Pada tekanan 75 PSI, waktu *open Cylinder* 1 mencapai 26,08 ms, jauh lebih cepat dibanding 15 PSI (36,33 ms). Temuan ini memberikan dasar empiris bagi pengajaran sistem pneumatik berbasis parameter tekanan.
 - d. Seluruh komponen—input (*push button*, limit switch), pemroses (PLC CP1E), dan output (solenoid, pilot lamp, cylinder)—berintegrasi dengan baik, membuktikan modul ini layak digunakan sebagai media pembelajaran praktikum untuk topik: logika ladder diagram, kendali berurutan, sistem pneumatik, dan *troubleshooting* otomasi.
 - e. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggabungan sensor posisi (limit switch) dalam modul praktikum pendidikan yang portabel namun menggunakan komponen standar industri, sehingga menjembatani kesenjangan antara teori otomasi dan praktik riil di dunia kerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang, khususnya Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M), atas dukungan pendanaan penelitian melalui skema Hibah Penelitian Dosen Muda Tahun 2025, yang telah memungkinkan pelaksanaan dan realisasi modul praktikum ini. Apresiasi juga disampaikan kepada Jurusan Teknik Elektro dan Program Studi D3 Teknik Listrik Kampus Kabupaten Pelalawan atas fasilitas, bimbingan, serta dukungan akademik yang diberikan selama proses penelitian berlangsung.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Herdiana, E. B. Setiawan, and U. Sartoyo, "Tinjauan Komprehensif Evolusi, Aplikasi, dan Tren Masa Depan Programmable Logic Controllers (A Comprehensive Review of the Evolution, Applications, and Future Trends of Programmable Logic Controllers)," *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali dan Elektronika Terapan*, vol. 11, no. 2, pp. 173–193, Jul. 2024, doi: 10.34010/telekontran.v11i2.12896.
- [2] A. W. Pradana and R. Rahmaniar, "ANALISIS OPTIMALISASI PLC MESIN INJECT / PRODUKSI DI PT. ILHAM PRIMA SAKTI," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6584.
- [3] Arif Naufal, Rido Anugrah Subhi, and Ahmad Zohari, "RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL MENGGUNAKAN SMART RELAY ZELIO DAN FRAME FOR ADJUSTABLE LIMIT SWITCH," *Jurnal Ilmu Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 45–57, Sep. 2022.
- [4] Taufik Muchtar and Lutfi, "Studi Literatur: Penggunaan Metode Formal dan Terstruktur Pembuatan Program Programmable Logic Controller," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri XI*, Makassar: Politeknik ATI Makassar, 2024, pp. 131–139.
- [5] S. Langit, P. Rahardjo, and I. P. E. D. Nugraha, "Rancang Bangun Modul Praktikum Programmable Logic Controller Berbasis Outseal PLC," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 22, no. 2, p. 295, Jan. 2024, doi: 10.24843/MITE.2023.v22i02.P18.
- [6] MUH KHAZZIN KHULUQI, "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN TRAINER-KIT PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN SISTEM OTOMASI INDUSTRI," Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2021.
- [7] Aris Susanto and Sunomo, "MODUL PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) BERBASIS ARDUINO SEVERINO," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 99–109, Nov. 2017.
- [8] F. Mo *et al.*, "PLC orchestration automation to enhance human-machine integration in adaptive manufacturing systems," *J Manuf Syst*, vol. 71, pp. 172–187, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.jmsy.2023.07.015.
- [9] R. Gazali and I. Ismuharram, "PROTOTYPE MODUL LATIH PNEUMATIK DAN MOTOR DC BERBASIS PLC," *JEIS: JURNAL ELEKTRO DAN INFORMATIKA*

- SWADHARMA*, vol. 1, no. 2, pp. 26–32, Jul. 2021, doi: 10.56486/jeis.vollno2.100.
- [10] Ivonne F.Y. Polii, Moody N. Tumembow, and Admawandi Kadili, “Perancangan Trainer Kit Pneumatik Dua Silinder Berbasis PLC dan HMI di Laboratorium Mekatronika Politeknik Negeri Manado,” *Jurnal Masina Nipake*, vol. 5, no. 1, pp. 72–83, May 2025.
- [11] D. Anggraeni, H. Elmunsyah, and A. Handayani, “Pengembangan modul pembelajaran fuzzy pada mata kuliah Sistem Cerdas untuk mahasiswa S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang,” *TEKNO*, vol. 29, p. 26, Mar. 2019, doi: 10.17977/um034v29i1p26-40.
- [12] I. G. Widharma, “PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) SEBAGAI KONTROL SEKUENSIAL,” 2021.
- [13] Y. Y. F. Pua, J. Rantung, and C. S. C. Punuhsingon, “OTOMATISASI SISTEM PENGGERAK ELECTROPNEUMATIC PADA MESIN GERINDA POTONG,” *Jurnal Tekno Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 9–15, Jun. 2024, doi: 10.35793/jtm.v10i1.51991.
- [14] Muhammad Harisuddin Hanif, Aris Triwiyatno, and Munawar Agus Riyadi, “PERANCANGAN SISTEM OTOMATISASI PENYIMPANAN BARANG BERBASIS KLASIFIKASI RFID PADA ROBOT PICK AND PLACE MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) OMRON CPM1A,” *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro (TRANSMISI)*, vol. 19, no. 1, pp. 1–7, Jan. 2017.
- [15] Firdaus Yudha Hartawan and Mia Galina, “IMPLEMENTASI PROGRAMMABLE LOGIC CONTROL (PLC) OMRON CP1E PADA SISTEM KENDALI MOTOR INDUKSI STAR-DELTA UNTUK KEBUTUHAN INDUSTRI,” *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 8, no. 2, pp. 98–106, Sep. 2022.