SELAYAR: Jurnal Pengabdian Masyarakat
Vol. 2, No. 2, April 2026, pp. 38-46
eISSN 3089-6355 | https://ejournal.gemacendekia.org/index.php/selayar

Pelatihan Otomasi Industri Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) untuk Generasi Muda

Roni Pratama Saputra[a,1,*], Bima Kurniawan Putra[b,2], Dwi Aryanto Nugroho[c,3]

[a] Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
[b] Program Studi Mekatronika, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
[c] Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
[1] ronipratamasaputra@gmail.com *; [2] bimakurniawanputra@gmail.com; [3] dwiaryantonugroho@yahoo.com
* Corresponding Author

ABSTRACT

Perkembangan industri manufaktur dan sistem produksi modern menuntut sumber daya manusia yang memiliki kompetensi di bidang otomasi industri, khususnya penguasaan Programmable Logic Controller (PLC). Namun, kesenjangan antara kebutuhan industri dan kompetensi generasi muda masih menjadi permasalahan utama di banyak negara berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi pelatihan otomasi industri berbasis PLC bagi generasi muda sebagai upaya peningkatan kesiapan kerja dan kompetensi teknis. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif-kuantitatif dengan desain pelatihan berbasis praktik menggunakan modul trainer PLC. Pelatihan dilaksanakan melalui kombinasi pembelajaran teori, simulasi, dan praktik langsung pemrograman PLC. Data dikumpulkan melalui pre-test, post-test, observasi keterampilan, dan kuesioner persepsi peserta. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada pemahaman konsep PLC, kemampuan pemrograman ladder diagram, serta kesiapan peserta dalam menghadapi kebutuhan otomasi industri. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian terdahulu yang menegaskan efektivitas pelatihan berbasis praktik dan project-based learning dalam pendidikan otomasi industri. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pelatihan otomasi industri berbasis PLC merupakan strategi yang efektif dan relevan untuk meningkatkan kompetensi generasi muda dan menjembatani kesenjangan antara dunia pendidikan dan industri.

Copyright © 2026, The Author(s)
This is an open-access article under the CC–BY-SA license

Article History
Received 2026-02-04
Revised 2026-03-15
Accepted 2026-03-23
Published 2026-04-30

Keywords
otomasi industri, programmable logic controller, pelatihan vokasi, generasi muda, pendidikan teknik

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur modern telah mendorong transformasi signifikan dalam sistem produksi industri, khususnya melalui penerapan otomasi industri berbasis sistem kendali terprogram. Salah satu teknologi inti yang mendukung otomasi industri adalah Programmable Logic Controller (PLC), yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam berbagai proses produksi, mulai dari industri manufaktur, energi, hingga sistem utilitas. PLC digunakan secara luas karena keandalannya dalam lingkungan industri, fleksibilitas pemrograman, serta kemampuannya menggantikan sistem kendali konvensional berbasis relay yang kompleks dan kurang efisien (Koondhar et al., 2023; Rehg, 2002). Kondisi ini menuntut tersedianya sumber daya manusia yang memiliki kompetensi teknis dan pemahaman aplikatif terkait PLC sejak jenjang pendidikan awal hingga vokasi dan pendidikan tinggi.

Kebutuhan industri terhadap tenaga kerja yang menguasai PLC tidak selalu diimbangi dengan kesiapan lulusan pendidikan teknik dan vokasi. Sejumlah penelitian menunjukkan adanya kesenjangan kompetensi antara lulusan dan tuntutan dunia industri, terutama dalam aspek keterampilan praktis dan pemecahan masalah berbasis sistem kendali industri (Phadke, 2009; Anup, 2021). Pembelajaran PLC yang bersifat teoritis tanpa dukungan praktik yang

How to cite: Saputra, R. P., Putra, B. K., & Nugroho, D. A. (2026). Pelatihan Otomasi Industri Berbasis Programmable Logic Controller (PLC) untuk Generasi Muda. *SELAYAR: Jurnal Pengabdian Masyarakat, 2*(2), 38-46. https://doi.org/10.71094/selayar.v2i2.357

memadai cenderung menghasilkan pemahaman yang terbatas dan kurang aplikatif. Oleh karena itu, pelatihan berbasis praktik menjadi pendekatan yang dipandang relevan untuk menjembatani kesenjangan tersebut.

Integrasi pengalaman pemrograman PLC dalam proses pembelajaran telah lama menjadi perhatian dalam pendidikan teknik. Cavicchi (2008) menegaskan bahwa pengalaman langsung dalam pemrograman PLC mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep sistem kendali secara menyeluruh. Temuan ini diperkuat oleh Guo dan Pecen (2008) serta Guo (2009), yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek menggunakan PLC dapat meningkatkan kemampuan analisis, desain sistem, dan pemecahan masalah peserta didik. Dengan demikian, pelatihan PLC yang dirancang secara sistematis berpotensi meningkatkan kompetensi teknis sekaligus kesiapan kerja generasi muda.

Namun, implementasi pelatihan PLC sering menghadapi kendala berupa keterbatasan fasilitas laboratorium dan tingginya biaya perangkat industri. PLC komersial umumnya memiliki harga yang relatif mahal dan memerlukan infrastruktur pendukung yang tidak selalu tersedia di institusi pendidikan, khususnya di negara berkembang. Untuk mengatasi kendala tersebut, berbagai penelitian mengembangkan platform pelatihan PLC yang bersifat modular, portabel, dan berbiaya rendah (Akparibo et al., 2016; Easwaran et al., 2018; Palomino Masco, 2022). Pengembangan trainer PLC ini bertujuan untuk memperluas akses pembelajaran tanpa mengurangi kualitas pengalaman praktikum.

Selain pengembangan perangkat keras, pendekatan pembelajaran PLC juga mengalami inovasi melalui pemanfaatan teknologi berbasis web, simulasi, dan laboratorium virtual. Efe (2017) mengembangkan sistem pelatihan PLC berbasis web yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa sekolah menengah kejuruan, sementara Gonzalez et al. (2018) mengusulkan infrastruktur pembelajaran terpadu yang mengombinasikan laboratorium fisik, virtual, dan remote. Pendekatan ini memberikan fleksibilitas dalam pembelajaran, meskipun berbagai studi menekankan bahwa praktik langsung tetap menjadi komponen utama dalam membangun kompetensi PLC yang aplikatif.

Pendekatan pedagogis berbasis proyek dan praktik kontekstual juga semakin banyak diterapkan dalam pelatihan otomasi industri. Aydın dan Bulut (2024) melaporkan bahwa pengembangan set pelatihan otomasi industri dengan kurikulum berbasis proyek mampu meningkatkan keterlibatan aktif peserta dan pemahaman sistem PLC secara menyeluruh. Hasil serupa disampaikan oleh Yi (2024), yang menunjukkan bahwa metode pembelajaran berbasis proyek pada mata pelajaran kendali listrik dan PLC meningkatkan kemampuan berpikir sistematis dan keterampilan teknis peserta didik. Pendekatan ini sejalan dengan kebutuhan industri yang menuntut lulusan dengan kemampuan adaptif dan problem solving.

Dalam konteks global, pelatihan PLC juga dipandang sebagai strategi pengembangan kapasitas tenaga kerja lokal. Bencheva et al. (2024) menunjukkan bahwa pelatihan PLC yang terstruktur mampu meningkatkan kompetensi teknisi dan spesialis otomasi industri di kawasan Asia Tenggara. Penelitian ini menegaskan bahwa penguasaan PLC tidak hanya relevan bagi mahasiswa teknik, tetapi juga bagi generasi muda secara umum yang akan memasuki pasar kerja industri. Hal ini menunjukkan bahwa pelatihan PLC memiliki peran strategis dalam penguatan daya saing sumber daya manusia.

Di Indonesia, berbagai inisiatif pelatihan PLC telah dilaksanakan melalui program pendidikan formal maupun kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Kurniawan et al. (2022) melaporkan bahwa pelatihan PLC bagi siswa sekolah menengah kejuruan mampu meningkatkan kompetensi teknis dan kesiapan kerja peserta. Temuan serupa disampaikan oleh Irawan et al. (2023), yang menunjukkan peningkatan pemahaman PLC dan SCADA melalui

pelatihan berbasis praktik. Hernadi et al. (2024) juga menegaskan bahwa pelatihan otomasi industri berbasis PLC memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan generasi muda.

Meskipun berbagai penelitian telah membahas pengembangan trainer, metode pembelajaran, dan implementasi pelatihan PLC, masih terdapat keterbatasan kajian yang secara khusus mengevaluasi pelatihan PLC sebagai satu kesatuan program peningkatan kompetensi generasi muda. Sebagian penelitian berfokus pada pengembangan alat atau modul, sementara evaluasi dampak pelatihan terhadap peningkatan kompetensi peserta secara menyeluruh masih relatif terbatas. Selain itu, diperlukan kajian yang mengaitkan hasil pelatihan dengan kebutuhan nyata industri otomasi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada pelaksanaan dan evaluasi pelatihan otomasi industri berbasis PLC bagi generasi muda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan pemahaman konseptual, keterampilan pemrograman, dan kesiapan kerja peserta setelah mengikuti pelatihan. Kontribusi penelitian ini diharapkan dapat memberikan rujukan empiris bagi pengembangan program pelatihan PLC yang efektif, terjangkau, dan relevan dengan kebutuhan industri, khususnya dalam konteks pendidikan teknik dan vokasi.

METODE PELAKSANAAN

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif dengan desain evaluatif terhadap pelaksanaan pelatihan otomasi industri berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan secara sistematis peningkatan kompetensi peserta pelatihan berdasarkan pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan. Desain penelitian menitikberatkan pada pengukuran perubahan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis peserta setelah mengikuti rangkaian pelatihan, sebagaimana direkomendasikan dalam studi pendidikan PLC sebelumnya (Phadke, 2009; Anup, 2021).

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium otomasi industri yang dilengkapi dengan perangkat trainer PLC dan perangkat lunak pemrograman. Pelaksanaan pelatihan berlangsung selama tiga bulan, mencakup sesi pembelajaran teori, simulasi pemrograman, dan praktik langsung pengendalian sistem otomasi. Waktu pelaksanaan dirancang agar peserta memiliki kesempatan yang cukup untuk memahami konsep dasar, mengembangkan keterampilan pemrograman, serta menerapkan logika kendali PLC secara bertahap.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah generasi muda berusia 17–22 tahun yang memiliki latar belakang pendidikan teknik atau vokasi. Sampel penelitian berjumlah 30 peserta yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling, dengan kriteria memiliki pengetahuan dasar kelistrikan dan minat pada bidang otomasi industri. Pemilihan sampel ini bertujuan untuk memastikan bahwa peserta mampu mengikuti materi pelatihan dan merepresentasikan sasaran utama program peningkatan kompetensi PLC, sebagaimana diterapkan dalam penelitian pelatihan sejenis (Kurniawan et al., 2022; Hernadi et al., 2024).

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas beberapa komponen utama. Pertama, instrumen tes berupa soal pre-test dan post-test yang digunakan untuk mengukur pemahaman konseptual peserta terkait dasar-dasar PLC, prinsip kerja sistem kendali, dan pemrograman ladder diagram. Kedua, lembar observasi keterampilan digunakan untuk menilai kemampuan peserta dalam merancang dan mengimplementasikan program PLC selama sesi praktik. Ketiga, kuesioner persepsi peserta digunakan untuk memperoleh gambaran respons dan pengalaman peserta terhadap pelaksanaan pelatihan. Seluruh instrumen disusun berdasarkan kebutuhan pelatihan PLC dan mengacu pada praktik evaluasi pembelajaran teknik yang telah digunakan dalam penelitian terdahulu (Cavicchi, 2008; Guo & Pecen, 2008).

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan. Pre-test diberikan sebelum pelatihan dimulai untuk mengetahui tingkat pemahaman awal peserta. Selama pelatihan berlangsung, observasi dilakukan untuk mencatat perkembangan keterampilan praktik peserta dalam pemrograman dan pengoperasian PLC. Setelah seluruh rangkaian pelatihan selesai, post-test diberikan untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, kuesioner disebarkan untuk memperoleh data persepsi peserta terhadap efektivitas pelatihan, metode pembelajaran, dan relevansi materi dengan kebutuhan industri. Teknik pengumpulan data ini memungkinkan evaluasi pelatihan secara komprehensif dari aspek kognitif dan keterampilan praktis.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan teknik statistik deskriptif. Nilai pre-test dan post-test dibandingkan untuk mengidentifikasi peningkatan pemahaman konseptual peserta setelah mengikuti pelatihan. Hasil observasi keterampilan dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan capaian kemampuan praktik peserta dalam pemrograman PLC. Data kuesioner dianalisis dengan menghitung persentase respons untuk menggambarkan persepsi peserta terhadap pelaksanaan pelatihan. Pendekatan analisis ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada evaluasi pelatihan dan peningkatan kompetensi, serta umum digunakan dalam studi pelatihan PLC (Anup, 2021; Koondhar et al., 2023).

Prosedur Pelatihan

Pelatihan dilaksanakan melalui tahapan terstruktur yang meliputi pengenalan konsep dasar PLC, pengenalan perangkat keras dan perangkat lunak, latihan pemrograman ladder diagram, serta praktik pengendalian sistem otomasi sederhana. Setiap sesi dirancang secara berurutan untuk memastikan peserta memahami keterkaitan antara teori dan praktik. Prosedur ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran berbasis praktik dan proyek yang telah terbukti efektif dalam pendidikan otomasi industri (Aydın & Bulut, 2024; Yi, 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh dari analisis nilai pre-test dan post-test, observasi keterampilan praktik pemrograman PLC, serta kuesioner persepsi peserta terhadap pelaksanaan pelatihan. Seluruh hasil disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan peningkatan kompetensi peserta setelah mengikuti pelatihan otomasi industri berbasis PLC.

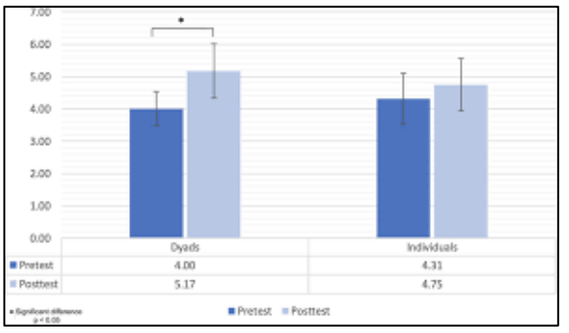
Hasil Pre-Test dan Post-Test Pemahaman Konseptual PLC

Hasil pre-test menunjukkan bahwa sebagian besar peserta berada pada kategori pemahaman rendah hingga sedang terkait konsep dasar PLC, fungsi input-output, serta logika pemrograman ladder diagram. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun peserta memiliki latar belakang pendidikan teknik, pemahaman awal terhadap PLC masih terbatas. Setelah pelatihan dilaksanakan, hasil post-test menunjukkan pergeseran capaian ke kategori sedang hingga tinggi, yang mengindikasikan adanya peningkatan pemahaman konseptual secara menyeluruh.

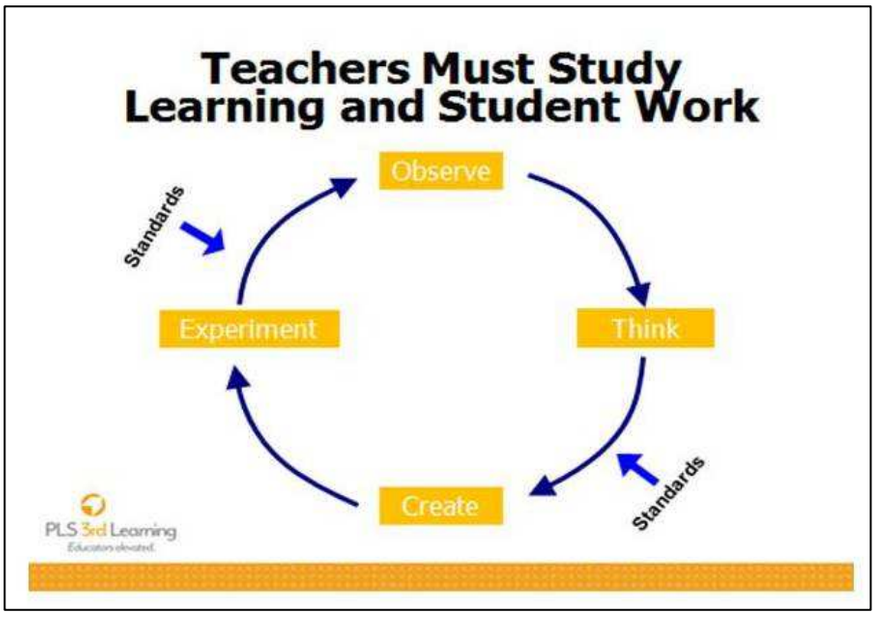
Tabel 1. Kategori Capaian Pemahaman Konseptual Peserta

Tahap Evaluasi	Rendah	Sedang	Tinggi
Pre-test	Dominan	Sebagian	Sangat sedikit
Post-test	Sangat sedikit	Dominan	Meningkat

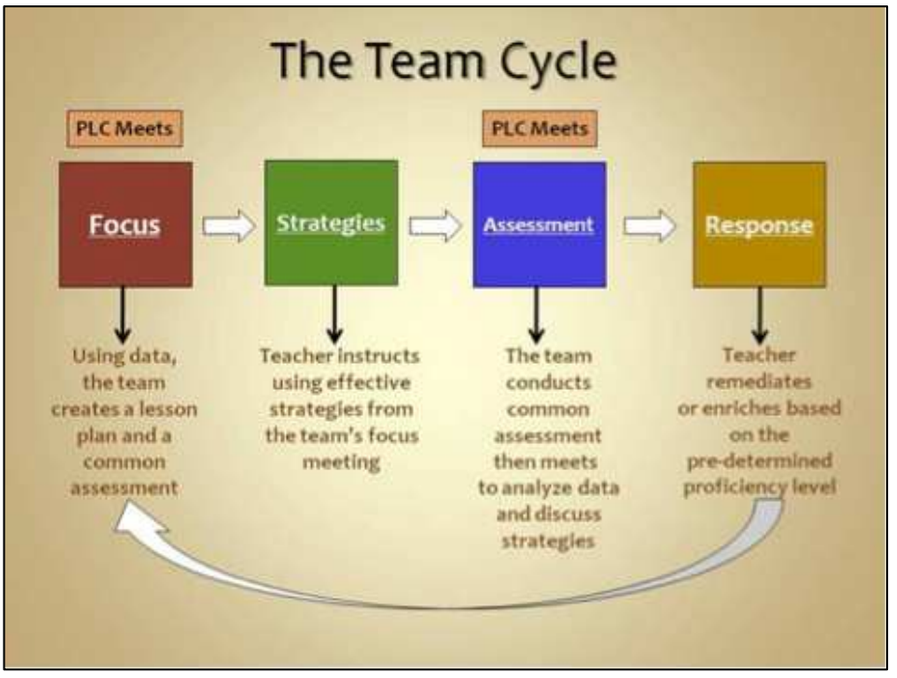
Peningkatan ini menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis praktik mampu memperkuat pemahaman konsep PLC secara sistematis. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Cavicchi (2008) serta Guo dan Pecen (2008), yang menyatakan bahwa pembelajaran PLC dengan pengalaman langsung lebih efektif dibandingkan pendekatan teoritis semata.



Gambar 1. Capaian Pemahaman Konseptual Peserta



Gambar 2. PLS 3rd Learning



Gambar 3. PLC Team Cycle

Diagram hasil menunjukkan tren peningkatan pemahaman peserta dari sebelum ke sesudah pelatihan. Visualisasi ini memperkuat temuan kuantitatif bahwa pelatihan memberikan dampak positif terhadap capaian kognitif peserta.

Hasil Observasi Keterampilan Praktik Pemrograman PLC

Observasi keterampilan praktik dilakukan selama sesi pemrograman dan pengoperasian sistem otomasi. Hasil observasi menunjukkan bahwa pada tahap awal pelatihan, sebagian besar peserta masih mengalami kesulitan dalam menyusun logika ladder diagram secara sistematis. Namun, pada akhir pelatihan, mayoritas peserta mampu menyusun program PLC dasar hingga menengah secara mandiri dan menjalankan simulasi sistem kendali dengan benar.

Tabel 2. Capaian Keterampilan Praktik Pemrograman PLC

Aspek Keterampilan	Awal Pelatihan	Akhir Pelatihan
Identifikasi input-output	Terbatas	Baik
Penyusunan ladder diagram	Kurang sistematis	Sistematis
Eksekusi dan debugging	Minim	Mampu mandiri

Hasil ini sejalan dengan penelitian Han (2014) dan Sembiring et al. (2024), yang menegaskan bahwa penggunaan trainer PLC sebagai media praktik berperan penting dalam meningkatkan keterampilan teknis peserta.

Persepsi Peserta terhadap Pelaksanaan Pelatihan

Berdasarkan hasil kuesioner, sebagian besar peserta memberikan respons positif terhadap metode pelatihan, materi, dan relevansi pembelajaran dengan kebutuhan industri. Peserta menilai bahwa kombinasi teori singkat dan praktik intensif membantu mereka memahami PLC secara lebih aplikatif.

Tabel 3. Ringkasan Persepsi Peserta Pelatihan

Aspek Penilaian	Kategori Dominan
Kejelasan materi	Baik
Relevansi dengan industri	Sangat relevan
Manfaat pelatihan	Tinggi

Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian Kurniawan et al. (2022) dan Hernadi et al. (2024), yang menunjukkan bahwa pelatihan PLC berbasis praktik meningkatkan motivasi dan kesiapan kerja peserta didik.

Pembahasan Hasil Penelitian

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan otomasi industri berbasis PLC efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis generasi muda. Peningkatan hasil post-test dan capaian keterampilan praktik menunjukkan bahwa pelatihan mampu menjembatani kesenjangan antara pembelajaran teoritis dan kebutuhan industri. Temuan ini memperkuat argumen Phadke (2009) dan Anup (2021) mengenai pentingnya pelatihan PLC yang terstruktur dan aplikatif.

Selain itu, hasil penelitian ini mendukung temuan Al Yaman et al. (2025) dan Mandale (2025) yang menyatakan bahwa pelatihan PLC tidak harus bergantung pada fasilitas mahal untuk menghasilkan pembelajaran yang efektif. Dengan desain pelatihan yang tepat, kompetensi otomasi industri dapat ditingkatkan secara signifikan dan berkelanjutan

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pelatihan otomasi industri berbasis Programmable Logic Controller (PLC) efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan praktis generasi muda di bidang sistem kendali industri. Peningkatan capaian hasil pre-test dan post-test mengindikasikan bahwa pelatihan mampu memperkuat penguasaan konsep dasar PLC, logika pemrograman, serta pemahaman fungsi input dan output secara sistematis. Selain itu, hasil observasi keterampilan praktik menunjukkan bahwa peserta mampu mengembangkan kemampuan pemrograman ladder diagram dan menjalankan simulasi sistem otomasi secara mandiri setelah mengikuti pelatihan.

Temuan penelitian ini menegaskan bahwa pendekatan pelatihan berbasis praktik yang terstruktur memiliki peran penting dalam menjembatani kesenjangan antara pembelajaran teoritis dan kebutuhan nyata industri. Pelatihan yang mengombinasikan penjelasan konsep, simulasi, dan praktik langsung terbukti memberikan pengalaman belajar yang aplikatif dan relevan. Persepsi positif peserta terhadap pelaksanaan pelatihan juga menunjukkan bahwa metode yang digunakan sesuai dengan kebutuhan pengembangan kompetensi generasi muda.

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah pentingnya integrasi pelatihan PLC berbasis praktik dalam program pendidikan teknik dan vokasi sebagai upaya peningkatan kesiapan kerja. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi keberlanjutan dampak pelatihan PLC terhadap kinerja peserta di lingkungan industri serta mengkaji integrasi pelatihan dengan teknologi otomasi lanjutan secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

Akparibo, A. R., Appiah, A., & Fosu-Antwi, O. (2016). Development of a programmable logic controller training platform for the industrial control of processes. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences*, *16*, 1–10.

Al Yaman, M., Alswaiti, D., Alsharkawi, A., & Abu-Hammad, A. (2025). A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation and applied engineering education. *MethodsX*, *12*, 103388.

Al Yaman, M., Alswaiti, D., Alsharkawi, A., & Abu-Hammad, A. (2025). A cost-effective modular laboratory solution for industrial automation and applied engineering education. *SSRN Electronic Journal*.

Anup, S. (2021). *A study of programmable logic controllers (PLC) in control systems for effective learning* (Master's thesis). Ryerson University.

Aydın, İ., & Bulut, V. (2024). Production and programming of industrial automation training set with project based learning curriculum. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, *7*(3), 455–468.

Bencheva, N., Zahariev, P., Hristov, G., Ivanova, M., & Petrova, S. (2024). Vocational training of local South-East Asian specialists in PLC implementation for industrial automation. In *Proceedings of ITHET 2024*.

Cavicchi, T. J. (2008). Integration of programmable logic controller programming experience into control systems courses. In *Proceedings of the American Control Conference* (pp. 1–6).

Chookeaw, S., Howimanporn, S., & Sootkaneung, W. (2019). A practical technology-enhanced approach for programmable logic controller (PLC) training course. In *Proceedings of the ACM International Conference* (pp. 1–6).

Easwaran, E. V., Kushalkar, R., Tigadi, N., Kulkarni, S., & Patil, S. (2018). Programmable logic controller: Open source hardware and software for massive training. In *Proceedings of IECON 2018* (pp. 1–6).

Efe, A. A. (2017). A web based educational programming logic controller training set based on vocational high school students' demands. *International Journal of Engineering Education*, *33*(6), 1852–1862.

Gonzalez, J. L. V., Barrios Aviles, J., Rosado Muñoz, A., & Molina Cruz, A. (2018). An industrial automation course: Common infrastructure for physical, virtual and remote laboratories for PLC programming. *International Journal of Online Engineering*, *14*(8), 4–17.

Guo, L. (2009). Design projects in a programmable logic controller (PLC) course in electrical engineering technology. *Journal of Engineering Technology*, *26*(1), 15–22.

Guo, L., & Pecen, R. (2008). Student design projects in a programmable logic controller (PLC) course. In *Proceedings of the ASEE Annual Conference* (pp. 1–10).

Han, J. B. (2014). Design of a PLC-based engineering training unit. *Advanced Materials Research*, *983*, 440–444.

Harriman, M. W. (2001). *Web based factory automation training on demand* (U.S. Patent No. US6200163B1).

He, J., Wang, Z., Wang, L., & Liu, Y. (2012). *Electrical control and PLC comprehensive application practice training device* (China Patent No. CN202293736U).

He, S., Rahemi, H., & Mouaouya, K. (2015). Teaching PLC programming and industrial automation in mechatronics engineering. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, *43*(3), 194–208.

Hernadi, R., Istiyono, Y. P., Sartono, S., & Prasetyo, A. (2024). Pelatihan otomasi industri berbasis programmable logic controller (PLC). *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, *5*(1), 12–19.

Huang, W. (2012). *Skill training and checking system for PLC control technology* (China Patent No. CN102299529A).

Irawan, D., Astutik, R. P., Prastya, E. P., & Lestari, D. (2023). Pelatihan Outseal–Haiwell for PLC and SCADA di SMKN 1 Singosari Malang. *Jurnal Nusantara*, *3*(2), 145–153.

Ji, S. G. (2003). *Training system of controlling for factory automation* (Korea Patent No. KR20030018358A).

Koondhar, M. A., Kaloi, G. S., Junejo, A. K., & Jamali, M. (2023). The role of PLC in automation, industry and education purpose: A review. *Pakistan Journal of Engineering, Technology & Science*, *11*(1), 1–14.

Kurniawan, W. D., Budijono, A. P., Hasyim, B. A., Prasetyo, E., & Nugroho, A. (2022). Pelatihan programmable logic controller (PLC) untuk meningkatkan kompetensi siswa SMKN 1 Bendo Magetan. *Dharmakarya: Jurnal Aplikasi Ipteks untuk Masyarakat*, *11*(3), 215–221.

Li, J., He, L., Ma, K., & Zhang, Y. (2012). *PLC control and electric control comprehensive training system* (China Patent No. CN202212054U).

Mandale, R. (2025). Electrical and robotics workstation (PLC educational kit). *International Scientific Journal of Engineering and Management*, *3*(1), 45–52.

Palomino Masco, J. F. (2022). Development and validation of a less expensive and portable PLC module for students training in industrial automation. *ELS Journal*, *2*(2), 33–41.

Phadke, A. A. (2009). *Introduction of programmable logic controller in industrial engineering curriculum* (Doctoral dissertation). University of Louisville.

Rehg, J. (2002). PLCs in the new automation laboratory. *Journal of Engineering Technology*, *19*(2), 25–30.

Rincón Maltos, G., Guajardo González, J. R., & Martínez Gómez, E. J. (2019). Propuesta de tablero de entrenamiento para automatización y control. *Revista de Educación en Ciencias de la Ingeniería*, *8*(16), 1–10.

Sembiring, M. A. R., Sinaga, D. H., Sinuraya, A., & Siregar, M. (2024). Pengembangan modul trainer kendali otomasi berbasis PLC sebagai media pembelajaran. *Jurnal Teknologi Informasi Komunikasi dalam Pendidikan*, *11*(1), 45–54.

Sembiring, M. A. R., Sinaga, D. H., Sinurya, A., et al. (2025). Development of a programmable logic control trainer as an industrial automation learning tool. In *EAI Conference Proceedings*.

Siedlik, M. (2014). *Automation trainer for training technician, engineers and tradesmen to program a programmable automation controller* (U.S. Patent No. US8636565B2).

Tong, L. (2019). *Virtual-real integrated PLC practical training device* (China Patent No. CN109688673A).

Triatmaja, A. K., Budiastuti, P., & Rismarinandyo, M. Y. (2024). Development of an IoT-based PLC trainer: Bridging the practical divide in industrial automation education. *International Journal of Educational Management and Innovation*, *5*(1), 1–12.

Yi, W. (2024). Exploration of practical teaching mode of electrical control and programmable logic controller application based on project teaching method. *Education Reform and Development*, *6*(4), 88–95.