

**PEMBUATAN MODUL PEMBELAJARAN OTOMASI
INDUSTRI BERBASIS TEKNOLOGI PLC DAN HMI
TERINTEGRASI IOT: PENDEKATAN DEEP LEARNING
SEBAGAI STRATEGI PEMBELAJARAN ABAD 21**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mendapatkan gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro



oleh :

Ikrima Akmalia

E045.2109795

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

PEMBUATAN MODUL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI
BERBASIS TEKNOLOGI PLC DAN HMI TERINTEGRASI IOT:
PENDEKATAN *DEEP LEARNING* SEBAGAI STRATEGI
PEMBELAJARAN ABAD 21

Oleh:

Ikrima Akmalia

NIM. 2109795

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro

© Ikrima Akmalia 2025

Universitas Pendidikan Indonesia

Hak cipta dilindungi undang-undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, fotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

PEMBUATAN MODUL PEMBELAJARAN OTOMASI INDUSTRI
BERBASIS TEKNOLOGI PLC DAN HMI TERINTEGRASI IOT:
PENDEKATAN *DEEP LEARNING* SEBAGAI STRATEGI
PEMBELAJARAN ABAD 21

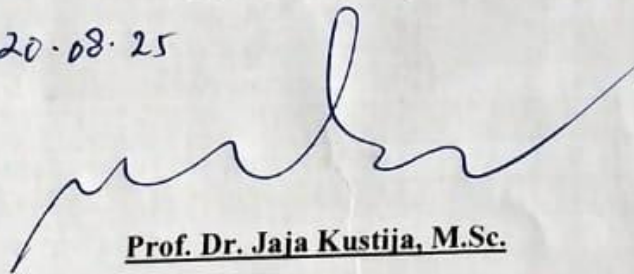
Ikrima Akmalia

2109795

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing Skripsi ,

20.08.25



Prof. Dr. Jaja Kustija, M.Sc.

NIP. 19591231 198503 1 022

Mengetahui,

Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektro



Dr. Maman Somantri, S.Pd., M.T.

NIP. 197201192001121001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang tertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ikrima Akmalia

NIM : 2109795

Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro

Judul Karya : Pembuatan Modul Pembelajaran Otomasi Industri Berbasis
Teknologi PLC Dan HMI Terintegrasi IoT: Pendekatan
Deep Learning Sebagai Strategi Pembelajaran Abad 21

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas. Jika dikemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 20 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,

Ikrima Akmalia

NIM 2109795

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis memanjatkan puji ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Berkehendak, Maha Pengasih, dan Maha Penyayang. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, penutup para nabi dan teladan utama umat manusia (Uswatun Hasanah). Berkat limpahan rahmat, petunjuk, dan kehendak-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian yang berjudul “Pembuatan Modul Pembelajaran Otomasi Industri Berbasis Teknologi PLC Dan HMI Terintegrasi IoT: Pendekatan *Deep Learning* Sebagai Strategi Pembelajaran Abad 21.”

Penelitian ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan persyaratan akademik dalam menyelesaikan studi pada Program Sarjana Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia. Adapun fokus utama dari penelitian ini adalah Pembuatan modul pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi *Programmable Logic Controller* (PLC) Omron, *Human Machine Interface* (HMI) Haiwell, serta *Internet of Things* (IoT), dengan pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*), yang relevan dengan bidang pendidikan teknik elektro.

Penulis telah berupaya secara optimal dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini. Namun demikian, penulis menyadari bahwa hasil yang diperoleh masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran konstruktif dari berbagai pihak sangat diharapkan guna penyempurnaan di masa mendatang. Penulis menyampaikan terima kasih atas segala bentuk dukungan dan kontribusi yang telah diberikan.

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Bandung, 20 Agustus 2025

Ikrima Akmalia

UCAPAN TERIMA KASIH

Skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh cinta dan rasa hormat kepada keluarga tercinta. Alhamdulillah, atas izin dan kekuatan dari Allah SWT, berbagai tantangan yang muncul selama proses penelitian dan penulisan laporan ini dapat penulis lalui dengan baik. Dukungan serta bantuan dari berbagai pihak turut berperan penting dalam penyelesaian karya ilmiah ini. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Dr. Maman Somantri, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, atas dukungan dan arahannya selama masa studi.
2. Prof. Dr. Jaja Kustija, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama, atas bimbingan, arahan, dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan modul ajar serta penulisan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Tasma Sucita, M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas pendampingan dan motivasi yang diberikan selama masa studi.
4. Bapak Wamin dan Ibu Cholilah, selaku orang tua penulis, atas doa, kasih sayang, dan dukungan moral maupun material yang tiada henti.
5. Bapak H. Saparudin S.Pd., M.M., Kepala SMKN 1 Tambelang, atas bantuan selama proses penelitian berlangsung.
6. Bapak Iman Nugraha Setiady, S.Pd., M.M., guru SMKN 1 Cikarang Pusat, atas pendampingan dan bantuan selama proses penelitian berlangsung.
7. Para siswa SMKN 1 Tambelang, khususnya yang berpartisipasi aktif dalam pelaksanaan penelitian ini.
8. Alumni pemilik NIM 1908525, yang telah setia mendampingi penulis sejak awal perkuliahan hingga skripsi ini terselesaikan. Dukungan dan

kehadirannya menjadi bagian penting dalam setiap langkah perjuangan ini.

9. Rica Umami Marsyah S.Si, Lutfiah Alwaqiah Nur, Ibnu Afan Ramadhani, dan Maulana Hafis, sebagai saudara-saudara tercinta yang selalu memberikan dukungan dan semangat sepanjang perjalanan penulis.
10. Keluarga besar Asrama UPI dan rekan-rekan PTE-A 21, khususnya Malwa Choerun Nisa, Dewi Nurhasanah, Sherly Nur Indriyani, Yuanisa Vidya Wahyuni, Syahira Ruqaya, Ratu Inggit Pujawati serta seluruh sahabat yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas kebersamaan dan dukungan yang sangat berarti.

Bandung, 20 Agustus 2025

Ikrima Akmalia

ABSTRAK

Pendidikan memiliki peran penting dalam pengembangan pola pikir, kreativitas, dan kemampuan berpikir kritis siswa, terutama melalui pendekatan pembelajaran yang menekankan penguasaan keterampilan 4C: *creative*, *collaborative*, *communicative*, dan *critical thinking*. Salah satu pendekatan yang esensial dalam mendukung hal tersebut adalah *deep learning*, yang menekankan pemahaman mendalam, refleksi, dan keterhubungan antar konsep, sehingga mendorong siswa untuk berpikir secara analitis, kontekstual, dan berkelanjutan dalam menghadapi tantangan nyata di dunia industri. Revolusi Industri 4.0 telah mendorong transformasi signifikan dalam pendidikan vokasi, khususnya terkait integrasi teknologi seperti otomasi, IoT, dan kecerdasan buatan. Namun, tantangan utama masih meliputi kurangnya integrasi teknologi industri dalam pembelajaran, keterbatasan fasilitas praktik, pendekatan pedagogis yang belum optimal, rendahnya kesiapan siswa menghadapi tuntutan industri berbasis IoT dan PLC, serta keterbatasan modul ajar yang kontekstual dan mudah diakses. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul pembelajaran otomasi industri berbasis PLC Omron, HMI Haiwell, dan IoT dengan pendekatan *deep learning* untuk meningkatkan kualitas pembelajaran dan kesiapan kerja siswa. Menggunakan metode R&D dengan model ADDIE, penelitian melibatkan 32 siswa SMK kelas XII Teknik Otomasi Industri. Hasil menunjukkan modul memperoleh skor kelayakan rata-rata 80,16% (kategori “baik”) dari aspek materi, media, dan pembelajaran. Kebaruan penelitian terletak pada integrasi konten teknis dengan pendekatan *deep learning* yang mendorong keterampilan berpikir reflektif dan kolaboratif. Penelitian merekomendasikan uji efektivitas melalui pre-test dan post-test serta pengembangan fitur digital interaktif untuk pengalaman belajar yang lebih adaptif.

Kata kunci: PLC Omron, HMI Haiwell, IoT, MQTT, Deep Learning, Modul Pembelajaran, Otomasi Industri

ABSTRACT

Education plays a crucial role in developing students' thinking patterns, creativity, and critical thinking skills, particularly through a learning approach that emphasizes mastery of the 4C skills: creative, collaborative, communicative, and critical thinking. One essential approach that supports these goals is deep learning, which emphasizes profound understanding, reflection, and interconnection between concepts, thereby encouraging students to think analytically, contextually, and sustainably in responding to real-world industrial challenges. The Industrial Revolution 4.0 has significantly transformed vocational education, especially with the integration of technologies such as automation, IoT, and artificial intelligence. However, challenges persist, including limited integration of industrial technology in learning, inadequate practical facilities, suboptimal pedagogical methods, low student readiness for IoT and PLC-based industry demands, and a lack of contextual, accessible teaching modules. This study aims to develop an industrial automation learning module based on Omron PLC, Haiwell HMI, and IoT using a deep learning approach to improve learning quality and student job readiness. Using the R&D method with the ADDIE model, the study involved 32 twelfth-grade vocational students in Industrial Automation Engineering. The module achieved an average feasibility score of 80.16% ("good") in terms of content, media, and instructional quality. The novelty of this research lies in the integration of technical content with a deep learning approach that promotes reflective and collaborative thinking. The study recommends further effectiveness testing through pre- and post-assessments and the development of interactive digital features to support a more adaptive learning experience.

Keywords: PLC Omron, HMI Haiwell, IoT, MQTT, Deep Learning, Learning Module, Industrial Automation

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pendekatan Deep Learning Dalam Pembelajaran	7
2.1.1 Pendekatan <i>Deep Learning</i> Dalam Kurikulum.....	8
2.1.2 Karakteristik Pendekatan <i>Deep Learning</i>	9
2.2 Modul Ajar	10
2.2.1 Tujuan Penulisan Modul.....	11
2.2.2 Fungsi Modul.....	11
2.2.3 Prinsip Pengembangan Modul	11
2.3 Media Ajar.....	12
2.3.1 Manfaat Media Pembelajaran	12
2.4 Otomasi Industri	12

2.5 <i>Programmable Logic Control</i> (PLC)	13
2.5.1 Arsitektur PLC	14
2.5.2 Bagian – Bagian Utama PLC Omron CP1L	15
2.6 <i>Human Machine Interface</i> (HMI)	18
2.7 <i>Internet of Things</i> (IoT)	19
2.7.1 IoT dalam Industri (IIoT).....	19
2.7.2 Protokol komunikasi MQTT.....	20
2.8 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Desain Penelitian	22
3.2 Prosedur Penelitian.....	22
3.2.1 Tahap Analisis	24
3.2.2 Tahap Design	24
3.2.3 Tahap Pengembangan	24
3.2.4 Tahap Implementasi.....	24
3.2.5 Tahap evaluasi	25
3.3 Partisipan dan Tempat	25
3.4 Pengumpulan Data	25
3.4.1 Observasi	25
3.4.2 Study literatur	26
3.4.3 Instrumen penelitian	26
3.5 Analisis Data	27
3.5.1 Statistik Deskriptif.....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Penelitian.....	29
4.1.1 Tahapan Analisis.....	29
4.1.2 Tahapan Desain.....	30
4.1.3 Tahapan Pengembangan	32
4.1.4 Tahapan Implementasi (Uji Coba).....	44
4.1.5 Tahapan Evaluasi	44
4.2 Pembahasan	48

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	50
5.1 Kesimpulan.....	50
5.2 Saran.....	51
REFERENSI	52
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Desain instruksional pengembangan PROTOTYPE	23
Tabel 4.1 Tabel Garis Besar Materi	31
Tabel 4.2 Isi Kuisioner	39
Tabel 4.3 Hasil Tanggapan Calon Pengguna	43
Tabel 4.4 Hasil Analisis Deskriptif.....	46
Tabel 4.5 Hasil Uji Normalitas	46
Tabel 4.6 Hasil Uji Mann-Whitney U	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram PLC.....	14
Gambar 2.2 Blok Diagram CPU pada PLC	15
Gambar 2.3 Struktur memory atau I/O memory areas	17
Gambar 3.1 Flowchart pengembangan dengan metode Prototype.....	23
Gambar 4.1 Desain Cover Modul	30
Gambar 4.2 Tampilan Bagian I.....	33
Gambar 4.3 Tampilan Bagian II.....	34
Gambar 4.4 Tampilan III.....	35
Gambar 4.5 Tampilan Bagian V	36
Gambar 4.6 Tampilan Bagian V	37
Gambar 4.7 Tampilan Jobsheet.....	38
Gambar 4.8 Penilaian Aspek Materi	41
Gambar 4.9 Penilaian Aspek Media.....	42
Gambar 4.10 Penilaian Aspek Pembelajaran	43
Gambar 4.11 Hasil Tanggapan Calon Pengguna	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Tugas Dosen Pembimbing	57
Lampiran 2 Surat Pengantar Penelitian.....	58
Lampiran 3 Lembar Angket Calon Pengguna.....	59
Lampiran 4 Lembar Jawaban Angket	73
Lampiran 5 Pengimplementasian Modul	83
Lampiran 6 Lembar Kegiatan Bimbingan.....	86
Lampiran 7 Rancangan Modul.....	89

REFERENSI

- Abbas, A., Lee, M., Shanavas, N., & Kovatchev, V. (2024). Clinical concept annotation with contextual word embedding in active transfer learning environment. *Digital Health*, 10. <https://doi.org/10.1177/20552076241308987>
- Abdullah, A., & Yahya, S. (n.d.). *KAJIAN PEMANFAATAN DEEP LEARNING DALAM PEMBELAJARAN PADA LEMBAGA PELATIHAN*. 25–41.
- Abrar, N. I., Jumadi M. Parenreng, & Mustari S. Lamada. (2024). Pengembangan E-modul Interaktif Berbasis Aplikasi Android Menggunakan iSpring Suite 11 Sebagai Media Ajar Digital Pada Mata Kuliah Inovasi Teknologi Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer. *JIMU: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, 2(04), 1009–1021. <https://doi.org/10.70294/jimu.v2i04.477>
- Adnyana, S. K. I. (2024). Implementasi Pendekatan Deep Learning dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Retorika*, 5(1), 1–14. <https://guru.kemdikbud.go.id/kurikulum/referensi-penerapan/capaian-pembelajaran/>
- Akhir, T., Studi, P., Elektronika, D. T., Elektro, J. T., & Bengkalis, P. N. (2024). *Rancang bangun sistem kontrol modul pembelajaran berbasis plc dan hmi iot haiwell*.
- Akmal, A. N., Maelasari, N., & Lusiana, L. (2025). Pemahaman Deep Learning dalam Pendidikan: Analisis Literatur melalui Metode Systematic Literature Review (SLR). *JIIP - Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(3), 3229–3236. <https://doi.org/10.54371/jiip.v8i3.7442>
- Arsyad A. (2011). *Media Pembelajaran*. 23–35.
- Depdiknas, D. D. (2008). Teknik Penyusunan Modul. In *Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan*
- Ernawati, I. (2017). Uji Kelayakan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Administrasi Server. *Elinvo (Electronics, Informatics, and*

- Vocational Education*), 2(2), 204–210.
<https://doi.org/10.21831/elinvo.v2i2.17315>
- Firmadani, F. (2020). Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Sebagai Inovasi Pembelajaran Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Konferensi Pendidikan Nasional*, 2(1), 93–97. http://ejurnal.mercubuana-yogya.ac.id/index.php/Prosiding_KoPeN/article/view/1084/660
- Haristah, H., Azka, A., Setyawati, R. D., & Albab, I. U. (2019). Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika Pengembangan Modul Pembelajaran. *Jurnal Matematikan Dan Pendidikan Matematika*, 1(5), 224–236.
- Huang, D., Bai, H., Wang, L., Hou, Y., Li, L., Xia, Y., Yan, Z., Chen, W., Chang, L., & Li, W. (2021). The Application and Development of Deep Learning in Radiotherapy: A Systematic Review. *Technology in Cancer Research and Treatment*, 20, 1–8. <https://doi.org/10.1177/15330338211016386>
- Hudedmani, M. G., Umayal, R. M., Kabberalli, S. K., & Hittalamani, R. (2017). Programmable Logic Controller (PLC) in Automation. *Advanced Journal of Graduate Research*, 2(1), 37–45. <https://doi.org/10.21467/ajgr.2.1.37-45>
- Jaja Kustija, Irgi Surya, & Diki Fahrizal. (2022). Design of automated power factor monitoring and repair tool for industry in real time based on Internet of Things. *International Journal of Science and Technology Research Archive*, 3(2), 001–008. <https://doi.org/10.53771/ijstra.2022.3.2.0106>
- Jino Ramson, S. R., Vishnu, S., & Shanmugam, M. (2020). Applications of Internet of Things (IoT)-An Overview. *ICDCS 2020 - 2020 5th International Conference on Devices, Circuits and Systems*, 92–95. <https://doi.org/10.1109/ICDCS48716.2020.243556>
- Joko, J., Putra, A. A. P., & Isnawan, B. H. (2023). Implementation of IoT-Based Human Machine Interface-Learning Media and Problem-Based Learning to Increase Students' Abilities, Skills, and Innovative Behaviors of Industry 4.0

- and Society 5.0. *TEM Journal*, 12(1), 200–207.
<https://doi.org/10.18421/TEM121-26>
- Kim, I. S. (2001). Human reliability analysis in the man-machine interface design review. *Annals of Nuclear Energy*, 28(11), 1069–1081.
[https://doi.org/10.1016/S0306-4549\(00\)00120-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4549(00)00120-1)
- Kodali, R. K., & Sarjerao, B. S. (2017). A low cost smart irrigation system using MQTT protocol. *TENSYMP 2017 - IEEE International Symposium on Technologies for Smart Cities*.
<https://doi.org/10.1109/TENCONSpring.2017.8070095>
- Kosasih, E. (2021). *Pengembangan Bahan Ajar*. 4–5.
- Kustija, J., Hakim, D. L., & Hasbullah, H. (2020). Development of Internet of Things (IoT) based learning media in efforts to improve student skills at the industrial revolution era 4.0. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 830(4). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/830/4/042051>
- Learning, D., In, A., Curriculum, I., Rosiyati, D., Erviana, R., & Sholihah, U. (2025). *PENDEKATAN DEEP LEARNING DALAM KURIKULUM Deep Learning Approach In Independent Curriculum*. 4, 131–143.
- Lech, M. M., III, T. D. H., Arvidson, A. L., Paddock, S. R., & ... (2003). Quality management system with human-machine interface for industrial automation. *US Patent* ..., 2(12).
<https://patents.google.com/patent/US6539271B2/en%0Ahttps://patentimages.storage.googleapis.com/3b/4b/db/0ef8f7a4e053e2/US6539271.pdf>
- Maryadi, T. H. T., Pramono, H. S., Hatmojo, Y. I., Prianto, E., & Sunomo. (2021). Development of Human Machine Interface (HMI) Training Kit as A Learning Media for Industrial Automation Engineering Practical Courses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1737(1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1737/1/012047>

- Masco, J. F. P. (2022). Development and Validation of a Less Expensive and Portable PLC Module for Students Training in Industrial Automation. *Electronics*, 26(2), 39–45. <https://doi.org/10.53314/ELS2226039P>
- Mulisa, M. D., & Hermansjah, H. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis PLC, SCADA dan HMI. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 7(1), 31–37. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/3854>
- Munawar, A., Azyan, M. A. R., Aurelia, N. K., Indiana, S., & Hadiapurwa, S. (2025). *Hipkin Journal of Educational Research HJER Teachers' views on optimizing Kurikulum Merdeka in SMK Kencana accounting department the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)* <https://creativecommons.org/licenses/by-sa>. 2(1), 93–108. <http://ejournal-hipkin.or.id/index.php/hipkin-jer/>
- Naibaho, N., & Supriyono, A. (2020). Rancang Bangun Sistem Pengisian Air Menggunakan Sensor Yf-S401 Berbasis HMI. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8, 89–96.
- Pipit Utami ETC. (2024). *PENERAPAN PEMBELAJARAN DEEP LEARNING DALAM PENDIDIKAN DI INDONESIA*.
- Puspitasari, A. D. (2019). Application of Physics Learning Media Using Printed Modules and Electronic Modules for High School Students. *Journal of Physics Education*, 7(1), 17–25. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/indeks.php/PendidikanFisika>
- Ramadhan, A. F. (2023). Aplikasi Pengenalan Perangkat Keras Komputer Berbasis Android Menggunakan Augmented Reality. In *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)* (Vol. 9, Issue 2). <https://doi.org/10.33884/comasiejournal.v9i2.7624>
- Schmid, P., Schaffhäuser, A., & Kashef, R. (2023). IoTBChain: Adopting Blockchain Technology to Increase PLC Resilience in an IoT Environment. In

- Information (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 8). mdpi.com.
<https://doi.org/10.3390/info14080437>
- Sumilat, J. M., Seke, F. R., & Mantiri, J. (2021). Simulation Method In Programmable Logic. *Journal of Educational Method and Technology*, 1(2), 67–76. <https://doi.org/10.36412/jemtec.v1i2.781>
- Surya, I., Kustija, J., Eka Pawinanto, R., Pramudita, R., Adli Rizqulloh, M., Wahyudin, D., & Haritman, E. (2023). Sistem monitoring beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM004T dan dashboard Adafruit berbasis IoT. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, Dan Listrik Tenaga)*, 3(3), 235–246. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i3.2023.235-246>
- Susanto, A. (2017). Modul Programmable Logic Controller (Plc) Berbasis Arduino Severino. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(2). <https://doi.org/10.21831/jee.v1i2.17413>
- Thahir, M., Bachtiar, M. I., Najib, N. R., & ... (2022). Modul Pembelajaran Sistem Otomasi Berbasis Teknologi Industri 4.0. *Seminar Nasional Hasil ...*, 69–73. <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/download/3860/3271>
- Topan, P. A., & Indra, I. D. (2023). Desain perangkat praktikum Programmable Logic Controller (PLC) Berbasis Arduino Nano. *Dielektrika*, 10(2), 155–161. <https://doi.org/10.29303/dielektrika.v10i2.334>
- 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), 39–52. <https://doi.org/10.12928/ijemi.v5i1.9732>
- Tugiah, T., & Jamilus, J. (2022). Pengembangan Pendidik sebagai Sumber Daya Manusia Untuk Mempersiapkan Generasi Milenial Menghadapi Era Digital. *Jurnal Sosial Teknologi*, 2(6), 498–505. <https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v2i6.350>

- Ulfa, S., Irvani, A. I., & Warliani, R. (2024). Pengembangan Modul Ajar Fisika Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains (JPFS)*, 7(1), 51–59. <https://doi.org/10.52188/jpfs.v7i1.562>
- Uswatun Khasanah. (2025). *Deep Learning dalam Pendidikan Pendekatan Pembelajaran Bermakna, Sadar, dan Menyenangkan*.
- Wathon, A. (2024). Kesesuaian Kurikulum Merdeka dengan Kurikulum Deep Learning. *Arzusin*, 4(6), 1280–1300. <https://doi.org/10.58578/arzusin.v4i6.4442>
- Widharma, S. G. (2021). *Kajian Pustaka Pemanfaatan Plc Dalam Dunia Industri*. April, 1–30.