

# Implementasi Trainer Sensor sebagai Media Pembelajaran Interaktif bagi Siswa SMK dalam Mendukung Kompetensi Vokasi


<sup>1</sup>Tri Haryanti\*, <sup>2</sup>Rahajeng Kurnianingtyas, <sup>3</sup>Rofan Aziz

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Negeri Indramayu, Jawa Barat, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol, Politeknik Negeri Indramayu, Jawa Barat, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Elektro Medis, Politeknik Negeri Indramayu, Jawa Barat, Indonesia

Email Corresponding: [tri.haryanti@polimdra.ac.id](mailto:tri.haryanti@polimdra.ac.id)\*

INFORMASI ARTIKEL	ABSTRAK
<p><b>Kata Kunci:</b> Trainer Sensor Media Pembelajaran Interaktif Kompetensi Vokasi</p>	<p>Keterbatasan sarana dan prasarana pembelajaran, khususnya dalam penyediaan alat praktik yang relevan dengan perkembangan teknologi terkini. Hal ini dapat menghambat siswa untuk memperoleh pengalaman belajar yang aplikatif, padahal keterampilan praktik menjadi bekal utama dalam menghadapi dunia kerja. Fokus utama kegiatan ini adalah mengembangkan sekaligus mengimplementasikan trainer sensor sebagai media interaktif yang dapat memperkuat kompetensi vokasi siswa. Trainer dirancang menggunakan beberapa jenis sensor, seperti sensor suhu, kelembaban, tekanan, dan LDR, yang terintegrasi dengan mikrokontroler serta dilengkapi panel kontrol dan tampilan data secara real-time. Metode pelaksanaan meliputi perancangan dan pembuatan trainer, penyerahan alat kepada sekolah mitra, serta sharing knowledge oleh mahasiswa kepada siswa SMK. Hasil implementasi menunjukkan bahwa trainer sensor dapat digunakan dengan baik dalam kegiatan praktikum, memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai prinsip kerja sensor, serta meningkatkan keterampilan teknis siswa dalam mengoperasikan perangkat elektronika dan menganalisis data pengukuran. Kesimpulannya, implementasi trainer sensor berhasil menjawab keterbatasan fasilitas laboratorium, meningkatkan motivasi belajar siswa, serta memperkuat keterkaitan antara teori dengan praktik. Program ini mendukung pencapaian tujuan pendidikan vokasi, yaitu dapat menghasilkan lulusan yang kompeten, siap bekerja, dan mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi industri.</p>
<p><b>Keywords:</b> Sensor Trainer Interactive Learning Media Vocational Competencies</p>	<p>Limited learning facilities and infrastructure, particularly in the provision of practical tools that are relevant to the latest technological developments. This can hinder students from gaining practical learning experiences, even though practical skills are essential in preparing them for the world of work. The main focus of this activity is to develop and implement a sensor trainer as an interactive medium that can strengthen students' vocational competencies. The trainer is designed using several types of sensors, such as temperature, humidity, pressure, and LDR sensors, which are integrated with a microcontroller and equipped with a control panel and real-time data display. The implementation method includes the design and manufacture of the trainer, the delivery of the equipment to partner schools, and knowledge sharing by university students with vocational school students. The results of the implementation show that the sensor trainer can be used effectively in practical activities, providing a deeper understanding of the working principles of sensors and improving students' technical skills in operating electronic devices and analysing measurement data. In conclusion, the implementation of the sensor trainer successfully addressed the limitations of laboratory facilities, increased student motivation to learn, and strengthened the link between theory and practice. This programme supports the achievement of vocational education objectives, namely to produce competent graduates who are ready to work and able to adapt to technological developments in industry.</p> <p style="text-align: right;">This is an open access article under the <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/">CC-BY-SA</a> license.</p> 

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pada era Revolusi Industri 4.0 telah memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) sebagai institusi pendidikan vokasional dituntut untuk menghasilkan lulusan yang memiliki kompetensi sesuai kebutuhan dunia industri. Salah satu bidang yang menjadi fokus utama adalah teknologi sensor, yang kini banyak diaplikasikan dalam sistem otomasi, elektronika, serta pengendalian industri modern. Meski demikian, masih terdapat banyak SMK yang menghadapi keterbatasan fasilitas pembelajaran, terutama dalam penyediaan perangkat praktik yang relevan dengan perkembangan teknologi terbaru. Hal ini dapat menghambat siswa untuk memperoleh pengalaman belajar yang aplikatif, padahal keterampilan praktik menjadi bekal utama dalam menghadapi dunia kerja (Harefa et al., 2025).

Untuk meningkatkan kesesuaian kurikulum pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dengan kebutuhan industri masa kini, pemerintah Indonesia memperkenalkan konsep Kurikulum Merdeka. Kurikulum Merdeka Belajar (KMB) merupakan bagian dari gagasan Society 5.0, yang menekankan integrasi teknologi sebagai solusi terhadap berbagai permasalahan Masyarakat (Wannesia et al., 2022). Keselarasan Kurikulum Merdeka dengan kebutuhan industri dapat dicapai apabila pemerintah mampu menyesuaikan sistem pendidikan agar menghasilkan lulusan yang kompeten sesuai bidang dan kualifikasi industri. Hal ini diharapkan dapat mempercepat penyerapan tenaga kerja sekaligus mengurangi angka pengangguran di Indonesia. Di samping itu, integrasi teknologi dalam proses pembelajaran menjadi hal yang esensial untuk mendukung tercapainya tujuan tersebut (Amrullah et al., 2024).

Dalam proses pembelajaran, media berperan sebagai sarana sekaligus prasarana bagi guru untuk menyampaikan materi secara menarik sehingga mampu menumbuhkan ketertarikan peserta didik serta membantu mereka mengenali minatnya. Minat dapat diartikan sebagai perasaan senang dan ketertarikan terhadap suatu hal yang muncul secara sukarela, tanpa adanya dorongan dari orang lain. Oleh karena itu, pemilihan media pembelajaran yang relevan dan sesuai dengan preferensi peserta didik akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan minat dan motivasi belajar mereka (Aryanto & Effindi, 2023).

Perancangan dan mengimplementasikan Trainer Sensor dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran praktis bagi siswa SMK jurusan Elektro. Selain itu pengembangan modul ajar yang terintegrasi dengan Trainer Sensor tersebut dapat mendukung pendekatan pembelajaran (Baskoro et al., 2025). Trainer sensor yang dikembangkan memuat beragam sensor dasar yang kerap digunakan dalam disiplin teknik elektro. Beberapa di antaranya adalah sensor ultrasonik HC-SR04 yang berfungsi mengukur jarak, sensor DHT11 yang digunakan untuk mengetahui suhu dan kelembaban udara, serta sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang dapat mendeteksi tingkat intensitas cahaya pada lingkungan sekitarnya (Nurhayati Nurhayati et al., 2025). Setelah dikatakan layak untuk dipergunakan dilanjutkan dengan proses implementasi melalui uji coba langsung ke peserta didik. Tahapan terakhir adalah melakukan evaluasi dan revisi dari hasil implementasi (Basirung & Wahyudi, 2024).

Dalam rangka menjawab kebutuhan pembelajaran yang relevan dengan perkembangan teknologi, Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Otomasi Politeknik Negeri Indramayu melalui program Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) melaksanakan kegiatan penyerahan trainer sensor kepada SMKN 1 Sindang. Trainer ini dikembangkan sebagai media pembelajaran interaktif yang dirancang untuk memfasilitasi siswa dalam memahami prinsip kerja berbagai sensor serta mengaplikasikannya secara langsung dalam proses belajar. Beberapa kegiatan pengabdian sebelumnya telah berfokus pada penyediaan alat bantu pembelajaran di bidang elektronika dasar atau mikrokontroler, namun umumnya belum menekankan integrasi sensor dengan sistem kontrol berbasis mikrokontroler yang dapat diimplementasikan dalam konteks industri otomasi modern. Oleh karena itu, kegiatan PkM ini memiliki kontribusi baru dalam bentuk pengembangan *trainer* sensor yang tidak hanya mengenalkan jenis dan prinsip kerja sensor, tetapi juga mengintegrasikan sistem kendali berbasis mikrokontroler Arduino sebagai platform pembelajaran interaktif. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, sekaligus mendukung peningkatan kompetensi vokasi siswa SMK agar lebih siap menghadapi tuntutan industri berbasis otomasi dan teknologi sensor.

Selain itu, kegiatan ini menjadi wujud nyata pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi, di mana dosen bersama mahasiswa tidak hanya berperan dalam bidang pendidikan dan penelitian, tetapi juga turut memberikan kontribusi langsung dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran di sekolah mitra. Dengan adanya dua unit trainer sensor yang diserahkan, diharapkan siswa SMKN 1 Sindang dapat memperoleh

pengalaman belajar yang lebih nyata, sedangkan guru memperoleh dukungan dalam mengembangkan metode pengajaran yang lebih variatif. Melalui kegiatan ini, Politeknik Negeri Indramayu ingin memperkuat sinergi dengan SMK dalam rangka mencetak lulusan yang kompeten, kreatif, dan siap menghadapi tantangan industri modern.

## II. MASALAH

Dalam upaya peningkatan mutu pendidikan vokasi, khususnya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), masih dijumpai berbagai tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan fasilitas praktikum. Banyak SMK, termasuk SMKN 1 Sindang, belum dilengkapi dengan sarana pembelajaran yang memadai dan relevan dengan perkembangan teknologi terbaru. Hal tersebut menyebabkan proses pembelajaran praktik belum berjalan optimal, padahal keterampilan praktik merupakan komponen esensial dalam pendidikan vokasi.



Gambar 1. Lokasi Mitra SMKN 1 Sindang, Indramayu

Pembelajaran di SMK umumnya masih dominan teori. Topik seperti sensor, otomasi, dan sistem kendali memang sudah diajarkan, tetapi belum sepenuhnya disertai media yang memungkinkan siswa melakukan praktik nyata. Akibatnya, siswa kesulitan memahami hubungan antara konsep teori dengan aplikasi nyata di lapangan (Amrullah et al., 2024).

Masalah lain yang muncul adalah adanya kesenjangan kompetensi dengan dunia industri. Industri modern saat ini banyak memanfaatkan teknologi sensor untuk berbagai keperluan, mulai dari sistem keamanan, otomasi bangunan, hingga pengendalian mesin. Namun, lulusan SMK masih belum sepenuhnya dibekali keterampilan penggunaan sensor secara aplikatif sehingga kurang siap bersaing di dunia kerja.

Di sisi lain, guru juga menghadapi kendala karena minimnya media pembelajaran interaktif. Siswa cenderung kurang termotivasi jika hanya menerima materi dalam bentuk teori atau simulasi terbatas (Asih et al., 2020). Untuk mendukung efektivitas proses belajar, diperlukan media pembelajaran yang tidak hanya konkret dan mudah digunakan, tetapi juga memiliki daya tarik serta mampu meningkatkan partisipasi aktif siswa dalam setiap tahap pembelajaran.

Tantangan lain adalah sinergi antara perguruan tinggi dan SMK yang belum berjalan optimal. Padahal, perguruan tinggi berperan penting dalam mendukung mutu pendidikan vokasi melalui pengabdian, transfer ilmu, dan teknologi. Kerja sama ini masih harus diperkuat agar SMK lebih cepat beradaptasi dengan perkembangan sains dan kebutuhan industri,

Melihat kondisi tersebut, dibutuhkan suatu solusi yang bersifat nyata melalui pengadaan trainer sensor. Media ini dirancang sebagai sarana pembelajaran interaktif yang mampu memberikan pengalaman langsung bagi siswa dalam mempelajari prinsip kerja sensor sekaligus mendukung peningkatan keterampilan praktik mereka. (Uyun & Myori, 2021).

## III. METODE

Pada kegiatan pengabdian kepada Masyarakat vokasi (ADMISI) 2025 ini dilaksanakan melewati beberapa tahapan yang terstruktur agar tujuan berhasil tercapai secara optimal.



Gambar 2. Tahapan Kegiatan Pengabdian Dan Pemberdayaan Masyarakat Vokasi (ADMISI)

Metode yang digunakan meliputi:

1. Analisis Kebutuhan

Metode analisis kebutuhan yang digunakan mengacu pada pendekatan yang dikembangkan oleh (Purnamawati et al., 2021) yaitu dengan menganalisis aspek fasilitas, kesiapan sumber daya, serta relevansi materi praktikum terhadap perkembangan teknologi industri 4.0. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegiatan praktikum di SMKN 1 Sindang masih terbatas pada penggunaan komponen dasar elektronika dan belum memiliki *trainer* yang mampu mengintegrasikan berbagai jenis sensor dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler.

2. Perancangan dan Pembuatan Trainer Sensor

Tim pengabdian merancang dan membuat dua unit trainer sensor sesuai dengan kurikulum SMK dan kebutuhan pembelajaran. Trainer dirancang agar sederhana, mudah digunakan, namun tetap aplikatif sehingga dapat dipraktikkan langsung oleh siswa (S.P & Suprianto, 2016).

3. Sosialisasi dan Penyerahan Trainer

Setelah *trainer* selesai dirancang dan diuji fungsinya, dilakukan kegiatan sosialisasi dan penyerahan secara simbolis kepada pihak SMKN 1 Sindang. Pendekatan sosialisasi partisipatif ini mengacu pada model pelaksanaan kegiatan pengabdian berbasis *Participatory Action Research (PAR)*, yang menekankan keterlibatan aktif pihak mitra dalam proses pembelajaran dan penerapan teknologi (Aryanto & Effindi, 2023).

4. Pelatihan dan Sharing Knowledge

Metode pelatihan yang diterapkan mengikuti pendekatan *learning by doing*, di mana peserta tidak hanya mendengarkan penjelasan, tetapi juga melakukan pengujian langsung terhadap sensor suhu, kelembaban, tekanan, dan aliran air menggunakan mikrokontroler Arduino. Pembelajaran berbasis praktik langsung dengan media *trainer* dapat meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan teknis siswa pada bidang vokasi (Purnamawati et al., 2021).

5. Pendampingan dan Evaluasi

Untuk menilai efektivitas pelaksanaan kegiatan, tim melakukan evaluasi melalui pengumpulan umpan balik (*feedback*) dari guru dan siswa menggunakan kuesioner dan wawancara terstruktur. Evaluasi mencakup aspek kemudahan penggunaan, relevansi materi dengan kompetensi pembelajaran, serta peningkatan pemahaman siswa terhadap prinsip kerja sensor (Yusro et al., 2021).

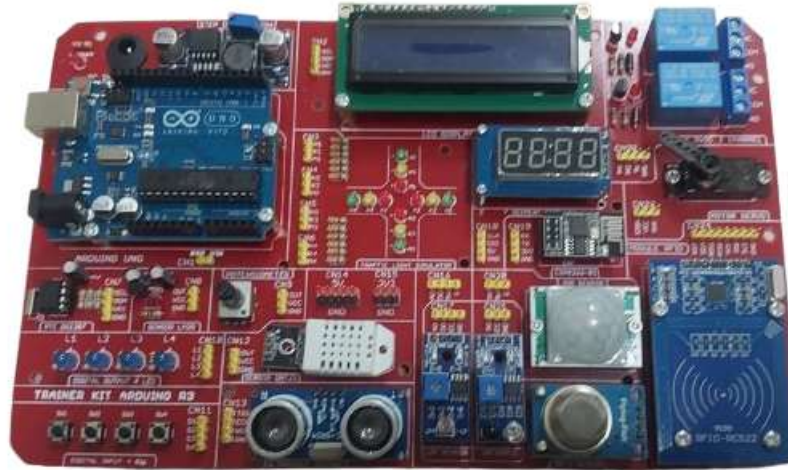
6. Dokumentasi, Publikasi, dan Pelaporan hasil

Sebagai bentuk diseminasi pengetahuan, hasil kegiatan disebarluaskan melalui berbagai media, meliputi laporan resmi kepada lembaga, artikel ilmiah, video, serta publikasi pada media massa lokal. Kegiatan diseminasi ini bertujuan agar hasil inovasi teknologi pembelajaran yang dikembangkan dapat diakses dan dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat pendidikan dan praktisi vokasi (Aryanto & Effindi, 2023).

Dengan metode ini, kegiatan pengabdian diharapkan tidak hanya berhenti pada penyerahan alat, tetapi juga memastikan bahwa trainer sensor benar-benar digunakan dan bermanfaat dalam proses pembelajaran di SMKN 1 Sindang.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan trainer sensor telah berhasil diselesaikan dengan memanfaatkan berbagai jenis sensor yang umum diaplikasikan dalam pembelajaran elektronika dan sistem kontrol, antara lain sensor suhu, sensor suhu dan kelembaban, sensor tekanan, sensor ultrasonik, serta sensor kelembaban tanah. Trainer ini dikembangkan dalam bentuk modul portabel yang dilengkapi panel kontrol berisi indikator LED, layar LCD, serta terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengolahan data.



Gambar 2. Trainer Sensor

Trainer ini telah diuji dengan beberapa skenario praktikum, misalnya pengukuran suhu ruang, pembacaan kelembaban udara, pengukuran tekanan air dalam pipa, dan deteksi aliran fluida. Hasil uji menunjukkan bahwa seluruh sensor bekerja sesuai spesifikasi dengan akurasi rata-rata 95–98% dibandingkan alat ukur standar. Secara fisik, trainer memiliki bentuk yang ergonomis, mudah dipindahkan, dan dilengkapi dengan petunjuk penggunaan yang memudahkan siswa dalam melakukan praktikum.

Trainer sensor yang dikembangkan ini berfungsi sebagai media pembelajaran interaktif bagi siswa SMK untuk memahami prinsip kerja sensor, cara kalibrasi, serta pemanfaatannya dalam bidang otomasi. Dari hasil uji coba, dapat dilihat bahwa:

1. **Kemudahan Penggunaan:** Trainer mudah dioperasikan oleh siswa tingkat awal karena dilengkapi tampilan sederhana serta modul plug-and-play.
2. **Akurasi Pengukuran:** Sensor memberikan data dengan tingkat akurasi yang memadai untuk kegiatan praktikum. Perbedaan hasil pembacaan dengan alat ukur standar masih dalam batas toleransi ( $\pm 2-5\%$ ).
3. **Keterkaitan dengan Dunia Industri:** Sensor-sensor yang digunakan merupakan representasi dari komponen yang banyak dipakai di industri, sehingga pembelajaran lebih relevan dengan kebutuhan kerja.
4. **Interaktif dan Edukatif:** Adanya tampilan data secara real-time membantu siswa lebih cepat memahami hubungan antara variabel fisik (suhu, tekanan, kelembaban).

Dengan demikian, pembuatan trainer sensor ini dapat menjawab permasalahan keterbatasan media pembelajaran di SMK, sekaligus meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang instrumentasi dan kontrol.

Setelah melalui tahapan perancangan dan pembuatan trainer sensor berhasil diselesaikan, tahap selanjutnya adalah melakukan penyerahan trainer sensor kepada sekolah mitra, yaitu SMKN 1 Sindang Kabupaten Indramayu yang menjadi sasaran kegiatan pengabdian masyarakat. Penyerahan ini dilakukan secara resmi sebagai bentuk implementasi hasil karya tim pengabdian agar dapat dimanfaatkan langsung oleh guru dan siswa dalam kegiatan praktikum.



Gambar 3. Penyerahan Trainer Sensor Kepada Kepala Program Studi Teknik Elektro

Penyerahan alat trainer sensor ini memiliki dampak positif yang signifikan. Pertama, pihak sekolah mendapatkan tambahan fasilitas pembelajaran praktikum yang relevan dengan kebutuhan kurikulum vokasi. Hal ini membantu mengatasi keterbatasan sarana laboratorium yang sebelumnya menjadi kendala dalam proses belajar mengajar. Kedua, trainer dirancang dengan konsep sederhana namun memiliki karakteristik yang representatif terhadap penggunaan di dunia industri. Hal ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk terbiasa berinteraksi dengan perangkat yang nantinya banyak dijumpai di dunia kerja, khususnya pada sektor otomasi dan sistem kendali. Dengan cara tersebut, trainer ini berfungsi memperkuat keterhubungan antara kompetensi yang dipelajari di sekolah dengan keterampilan yang dibutuhkan oleh industri. Secara keseluruhan, penyerahan trainer sensor ini memberikan kontribusi nyata dalam mendukung peningkatan kompetensi siswa jurusan SMKN 1 Sindang, memperkaya kegiatan praktikum, serta menjawab keterbatasan sarana laboratorium yang sebelumnya dihadapi oleh pihak sekolah.

Kegiatan berikutnya adalah sesi pelatihan dan *sharing knowledge* yang dipandu oleh mahasiswa tim pengabdian (Gambar 4). Dalam sesi ini dijelaskan prinsip kerja setiap sensor, prosedur pengoperasian trainer, dan dilakukan demonstrasi pembacaan data secara langsung.



Gambar 4. sesi *sharing knowledge* dipandu oleh mahasiswa

Siswa diberikan kesempatan untuk melakukan praktik langsung guna memperdalam pemahaman konsep sensor dan sistem kontrol. Hasil observasi menunjukkan peningkatan partisipasi dan pemahaman siswa terhadap pengukuran parameter fisik sebesar 25–35% dibandingkan sebelum pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis praktik lebih efektif dalam meningkatkan kompetensi teknis (Uyun & Myori, 2021). Kegiatan ini juga meningkatkan kepercayaan diri siswa dalam melakukan kalibrasi alat serta

memperkuat keterkaitan pembelajaran dengan aplikasi industri. Dengan demikian, *sharing knowledge* menjadi sarana efektif untuk transfer pengetahuan dan keterampilan dalam bidang elektronika, instrumentasi, dan sistem kendali.

## V. KESIMPULAN

Implementasi trainer sensor sebagai media pembelajaran interaktif menunjukkan efektivitasnya dalam memberikan kontribusi terhadap peningkatan kompetensi vokasional siswa SMKN 1 Sindang Kabupaten Indramayu. Keberadaan trainer sensor tidak semata berfungsi sebagai instrumen pendukung praktikum, tetapi juga berperan sebagai sarana interaktif yang secara substansial mengaitkan konsep teoritis dengan penerapan praktis di lapangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor berfungsi baik dengan tingkat akurasi pengukuran berkisar antara 95–98%, dan deviasi hasil pembacaan terhadap alat ukur standar masih dalam batas toleransi ( $\pm 2-5\%$ ). Hal ini menandakan bahwa trainer layak digunakan sebagai alat bantu pembelajaran praktikum. Melalui pemanfaatan trainer sensor, peserta didik memperoleh pemahaman mengenai prinsip kerja berbagai jenis sensor, keterampilan teknis dalam pengoperasian perangkat, serta kemampuan analisis terhadap data hasil pengukuran. Lebih dari itu, kegiatan ini turut meningkatkan motivasi belajar dan kepercayaan diri siswa karena mereka berkesempatan berinteraksi langsung dengan teknologi yang relevan dengan kebutuhan industri.

Dengan demikian, implementasi *trainer sensor* tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu praktikum, tetapi juga menjadi jembatan antara pembelajaran teoritis dan praktik industri, yang pada akhirnya mendukung tercapainya tujuan pendidikan vokasi: melahirkan lulusan yang kompeten, adaptif terhadap perkembangan teknologi, dan siap bersaing di dunia kerja.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Indramayu atas dukungan dan kontribusinya dalam penyediaan pendanaan untuk program tahunan Pengabdian kepada Masyarakat Vokasi (ADMISI) tahun 2025. Dukungan tersebut menjadi salah satu faktor krusial yang menunjang keberhasilan pelaksanaan kegiatan *Implementasi Trainer Sensor sebagai Media Pembelajaran Interaktif bagi Siswa SMK dalam Mendukung Kompetensi Vokasi*, sekaligus memberikan dampak positif yang signifikan terhadap kelancaran dan kebermanfaatan program pengabdian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrullah, J. D. R., Prasetya, F. B., Rahma, A. S., Setyorini, A. D., Salsabila, A. N., & Nuraisyah, V. (2024). Efektivitas Peran Kurikulum Merdeka terhadap Tantangan Revolusi Industri 4.0 bagi Generasi Alpha. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(4), 1313–1328. <https://doi.org/10.53299/jppi.v4i4.754>
- Aryanto, M. B., & Effindi, M. A. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Trainer “Fanila” Pada Materi Sistem Sensor Kelas X TKJ Di SMK Negeri 3 Bangkalan. *Journal of Education and Informatics Research*, 4(1), 2023.
- Basirung, M. R., & Wahyudi. (2024). Pengembangan Media Sistem Kerja Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) pada Program Industri 4.0 SMK. *Jurnal Teknodik*, 27. <https://doi.org/10.32550/teknodik.vi.1084>
- Baskoro, F., Subuh Isnur Haryudo, Rohman, M., & Kartini, U. T. (2025). Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA). *JE-Unisla*, 10(1), 36–48. <https://doi.org/10.30736/je-unisla.v10i1.1275>
- Harefa, D., Haris Husni, M., Zai, D., & Simatupang, W. (2025). Evaluasi Penerapan Metode Pembelajaran Berbasis Teknologi Dalam Pendidikan Kejuruan Smk. *Jurnal Inspirasi Pembelajaran*, 6(1), 1–13. <https://ejournals.com/ojs/index.php/jip>
- Nurhayati Nurhayati, Rahmawati, L., & Setyono, M. I. A. (2025). Upaya Meningkatkan Kompetensi Pemrograman Dan Aplikasi Mikrokontroler Berbasis Trainer Mikrokontroler Bagi Siswa Smk Ummatan Wasathan Kabupaten Kediri. *Proficio*, 6(2), 995–1006. <https://doi.org/10.36728/jpf.v6i2.5177>
- Purnamawati, P., Akil, M., & Nuridayanti, N. (2021). Analysis of needs for the development of trainer sensor and transducer learning media based on Internet of Things (IoT). *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 11(2), 232–242. <https://doi.org/10.21831/jpv.v11i3.43833>
- S.P, R. A., & Suprianto, B. (2016). Pengembangan trainer Mikrokontrol Berbasis Atmega16 Dengan menerapkan Aplikasi Kit Sensor Ultrasonic Dan Kit Sensor Infra Red sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran

- 
- Teknik Mikroprosessordi Smk Negeri 3 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 333–338.
- Uyun, I., & Myori, D. E. (2021). Efektivitas Penerapan Trainer sebagai Media Pembelajaran Dasar Listrik Elektronika. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1), 47–51. <https://doi.org/10.24036/jpte.v2i1.65>
- View of PERAN MEDIA INTERAKTIF DALAM PEMBELAJARAN DI ERA REVOLUSI INDUSTRI 4.0.pdf*. (n.d.).
- Wannesia, B., Rahmawati, F., Azzahroh, F., Ramadan, F. M., & Agustin, M. E. (2022). Inovasi Pembelajaran Kurikulum Merdeka di Era Society 5.0. *Media Penelitian Pendidikan : Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Dan Pengajaran*, 16(2), 232–234. <https://doi.org/10.26877/mpp.v16i2.13479>
- Yusro, M., Ma'sum, M., Muhamad, M., & Jaenul, A. (2021). Pengembangan Trainer Aplikasi Multi-Sensors (TAMS) Berbasis Arduino dan Raspberry Pi. *Risenologi*, 6(1), 77–85. <https://doi.org/10.47028/j.risenologi.2021.61.150>