

Pelatihan Implementasi Internet of Things (IoT) Berbasis ESP32 untuk Monitoring Lingkungan SMKN 2 Cimahi

Rachmat Iskandar

Politeknik TEDC, Indonesia
e-mail: rachmat@poltektedc.ac.id

Imam Gunawan

Politeknik TEDC, Indonesia
e-mail: imam@poltektedc.ac.id

Reni Listiana

Politeknik TEDC, Indonesia
e-mail: renilistiana@poltektedc.ac.id

Abstract

The rapid development of Industry 4.0 technologies has increased the importance of digital competencies among vocational high school students, particularly in the field of Internet of Things (IoT). However, many students still have limited practical experience in implementing embedded systems and real-time monitoring technologies in educational environments. This community service program aimed to improve the technical skills of students at SMK Negeri 2 Cimahi through training on the implementation of IoT systems based on ESP32 for school environmental monitoring. The program employed a participatory training approach consisting of theoretical sessions, hands-on workshops, sensor integration practices, and real-time data visualization using web-based monitoring platforms. The developed system was capable of monitoring environmental parameters such as temperature, humidity, and air quality within the school area. The results showed that students demonstrated significant improvement in understanding microcontroller programming, wireless communication, sensor integration, and IoT system development. Furthermore, the training enhanced students' problem-solving abilities and readiness to face digital industrial challenges. In conclusion, the program contributed positively to strengthening vocational competencies and promoting technology-based learning innovation in schools..

Keywords: Internet of Things (IoT), ESP32, Environmental Monitoring, Microcontroller, Industry 4.0

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada era Industri 4.0 dan Society 5.0 telah mendorong transformasi signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya pendidikan vokasi. Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dituntut untuk menghasilkan lulusan yang tidak hanya memiliki kompetensi teknis sesuai bidang keahlian, tetapi juga mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi digital yang semakin pesat. Salah satu teknologi yang menjadi perhatian utama dalam pengembangan kompetensi abad ke-21 adalah Internet of Things (IoT), yaitu

teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pengumpulan, pengolahan, dan pertukaran data secara real-time (Willyarto, 2023; Sukmawati et al., 2025).

Implementasi IoT dalam pendidikan vokasi memiliki peran strategis karena mampu menghadirkan pembelajaran berbasis praktik yang sesuai dengan kebutuhan industri modern. Melalui penerapan sensor, mikrokontroler, komunikasi data nirkabel, dan platform monitoring berbasis web, siswa dapat memperoleh pengalaman langsung dalam merancang dan mengembangkan sistem cerdas yang banyak digunakan pada sektor industri, manufaktur, pertanian, transportasi, maupun smart city. Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis IoT dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta keterampilan teknis yang menjadi kompetensi utama lulusan pendidikan vokasi (Sukmawati et al., 2025; Insiyanda et al., 2025; Akbar et al., 2024; Aziz & Rahmad, 2021).

Meskipun demikian, implementasi teknologi IoT di lingkungan SMK masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan sarana praktik, kurangnya media pembelajaran berbasis proyek, serta minimnya pengalaman siswa dalam mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak pada sistem monitoring berbasis internet. Kondisi tersebut menyebabkan kompetensi digital siswa belum berkembang secara optimal untuk memenuhi tuntutan dunia kerja berbasis teknologi (Suwastika et al., 2025; Dinata et al., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini dilaksanakan melalui pelatihan implementasi Internet of Things (IoT) berbasis ESP32 untuk monitoring lingkungan sekolah di SMK Negeri 2 Cimahi (Akbar, J., Dethan, J. F. N., Arijanto, R., Daniawan, B., & Leo, A., 2024). ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang baik, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, serta mudah digunakan dalam pembelajaran sistem embedded. Melalui pelatihan ini, siswa diharapkan mampu memahami konsep dasar IoT, melakukan integrasi sensor lingkungan, mengembangkan sistem monitoring berbasis web, serta meningkatkan keterampilan teknis dan inovatif yang relevan dengan kebutuhan industri masa depan. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat mendukung penguatan kompetensi vokasi dan menciptakan budaya pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah.

2. METODE

Metode pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) ini menggunakan pendekatan problem solving dan implementatif yang berorientasi pada peningkatan kompetensi teknis siswa dalam bidang Internet of Things (IoT) berbasis ESP32. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan pengalaman pembelajaran secara langsung melalui identifikasi permasalahan, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat, hingga pengujian sistem monitoring lingkungan sekolah secara real-time. Kegiatan dilaksanakan pada siswa SMK Negeri 2 Cimahi dengan tahapan yang sistematis dan terstruktur (Putra et al., 2020).

2.1. Metode Pelaksanaan

Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan analisis kebutuhan. Pada tahap ini dilakukan observasi awal terhadap kondisi laboratorium, kompetensi siswa, serta kebutuhan pembelajaran berbasis teknologi digital di lingkungan sekolah. Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa masih memiliki keterbatasan dalam memahami implementasi mikrokontroler, integrasi sensor, dan komunikasi data berbasis internet (Willyarto, M. N., Pratiwi, D., & Nugraha, R., 2023). Selain itu, belum tersedia media pembelajaran praktik yang mampu mengintegrasikan perangkat keras dan perangkat lunak dalam satu sistem monitoring yang aplikatif.

Tahap kedua adalah perancangan sistem dan penyusunan modul pelatihan. Tim PkM merancang sistem monitoring lingkungan berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan sensor suhu, kelembapan, dan kualitas udara. Sistem dirancang menggunakan konsep embedded system dan komunikasi wireless berbasis Wi-Fi sehingga data hasil pembacaan sensor dapat ditampilkan secara real-time melalui platform monitoring berbasis web. Pada tahap ini juga disusun modul pelatihan, panduan praktik, diagram rangkaian, dan source code program sebagai media pembelajaran bagi peserta.

Tahap ketiga merupakan pelaksanaan pelatihan dan implementasi sistem. Kegiatan dilakukan melalui metode ceramah, demonstrasi, praktik langsung, dan project-based learning (Kamdi, 2010). Peserta diberikan pemahaman mengenai konsep dasar IoT, arsitektur ESP32, pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE, integrasi sensor, serta proses pengiriman data ke dashboard monitoring. Selanjutnya siswa melakukan perakitan perangkat, pengujian sensor, konfigurasi jaringan internet, dan implementasi sistem monitoring lingkungan sekolah secara berkelompok dengan pendampingan dari tim pelaksana.

Tahap keempat adalah evaluasi dan pengujian hasil implementasi. Evaluasi dilakukan melalui observasi keterampilan praktik, pengujian fungsi sistem, diskusi, serta pengukuran tingkat pemahaman siswa sebelum dan sesudah pelatihan. Indikator keberhasilan kegiatan meliputi kemampuan siswa dalam merancang sistem IoT sederhana, memahami komunikasi data real-time, serta mengoperasikan sistem monitoring berbasis web. Selain itu, keberhasilan kegiatan juga diukur dari kemampuan siswa dalam menyelesaikan proyek implementasi secara mandiri dan kolaboratif.

Melalui metode problem solving dan implementasi langsung ini, kegiatan PKM diharapkan mampu meningkatkan kompetensi digital siswa, memperkuat keterampilan vokasi berbasis teknologi, serta mendorong terciptanya inovasi pembelajaran yang adaptif terhadap perkembangan Industri 4.0 dan Society 5.0



Gambar 1. Metode Pelaksanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) dengan tema “Pelatihan Implementasi Internet of Things (IoT) Berbasis ESP32 untuk Monitoring Lingkungan Sekolah” telah dilaksanakan pada siswa SMK Negeri 2 Cimahi melalui tahapan identifikasi kebutuhan, pelatihan teori, praktik implementasi perangkat, pengujian sistem, dan evaluasi hasil pembelajaran. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang mikrokontroler, sensor digital, komunikasi data nirkabel, dan pengembangan sistem monitoring berbasis internet.

Pada tahap awal kegiatan dilakukan pre-test untuk mengetahui tingkat pemahaman awal siswa terhadap konsep Internet of Things (IoT), mikrokontroler ESP32, integrasi sensor, dan komunikasi data real-time. Setelah pelaksanaan pelatihan dan praktik implementasi sistem monitoring lingkungan, dilakukan post-test untuk mengukur peningkatan kompetensi peserta.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Pemahaman Peserta

No	Aspek Penilaian	Nilai Awal (%)	Nilai Akhir (%)	Peningkatan
1	Pemahaman konsep IoT	45	86	41%
2	Pemrograman ESP32	38	82	44%
3	Integrasi sensor	40	84	44%
4	Komunikasi data Wi-Fi	36	80	44%
5	Monitoring berbasis web	30	78	48%

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa terjadi peningkatan kompetensi siswa pada seluruh aspek penilaian. Peningkatan tertinggi terdapat pada kemampuan monitoring berbasis web sebesar 48%, sedangkan peningkatan terendah terdapat pada pemahaman konsep dasar IoT sebesar 41%. Hasil tersebut menunjukkan

bahwa metode pelatihan berbasis praktik dan project-based learning mampu meningkatkan pemahaman teknis siswa secara signifikan.

Selain evaluasi kompetensi, dilakukan juga implementasi sistem monitoring lingkungan berbasis ESP32 menggunakan sensor suhu, kelembapan, dan kualitas udara. Sistem dirancang menggunakan komunikasi Wi-Fi sehingga data sensor dapat ditampilkan secara real-time melalui dashboard monitoring berbasis web (El Anshori et al., 2025).

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Monitoring Lingkungan

Parameter	Sensor	Hasil Pengukuran	Status
Suhu	DHT22	27,4°C	Normal
Kelembapan	DHT22	68% RH	Normal
Kualitas Udara	MQ-135	Baik	Stabil
Koneksi Wi-Fi	ESP32	Terhubung	Aktif
Dashboard Monitoring	Web Server	Real-time	Berfungsi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor dan sistem monitoring dapat bekerja dengan baik. ESP32 mampu melakukan pengiriman data secara stabil melalui jaringan internet dan dashboard monitoring dapat menampilkan data lingkungan secara real-time. Implementasi ini memberikan pengalaman langsung kepada siswa mengenai konsep embedded system dan Internet of Things yang banyak digunakan pada industri modern.



Gambar 1. Siswa lagi merakit untuk implementasi IoT

Dalam proses pelaksanaan kegiatan, siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi terutama pada sesi praktik perakitan perangkat dan pemrograman ESP32 menggunakan Arduino IDE. Pendekatan project-based learning memberikan kesempatan kepada peserta untuk memahami hubungan antara perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) secara terintegrasi. Selain itu, siswa juga memperoleh pengalaman dalam melakukan troubleshooting ketika terjadi kesalahan koneksi sensor atau jaringan internet (Aziz, R., & Rahmad, F., 2021).

Hasil implementasi menunjukkan bahwa penggunaan ESP32 sangat efektif sebagai media pembelajaran IoT karena memiliki fitur Wi-Fi terintegrasi, harga yang relatif ekonomis, serta kompatibel dengan berbagai jenis sensor digital.

Penggunaan dashboard monitoring berbasis web juga meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep data acquisition dan visualisasi data real-time.

Tabel 3. Evaluasi Kepuasan Peserta Pelatihan

Aspek Evaluasi	Persentase Kepuasan
Kesesuaian materi	92%
Kualitas praktik	95%
Kemudahan penggunaan ESP32	88%
Pemahaman instruktur	94%
Manfaat pelatihan	96%

Berdasarkan hasil evaluasi kepuasan peserta pada Tabel 3, sebagian besar siswa menyatakan bahwa pelatihan memberikan manfaat yang tinggi terhadap peningkatan kompetensi digital dan keterampilan praktik. Nilai kepuasan tertinggi terdapat pada aspek manfaat pelatihan sebesar 96%, sedangkan nilai terendah terdapat pada aspek kemudahan penggunaan ESP32 sebesar 88% karena sebagian siswa masih memerlukan adaptasi pada proses pemrograman mikrokontroler.

Secara keseluruhan, kegiatan PKM ini berhasil meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami dan mengimplementasikan teknologi IoT berbasis ESP32 untuk monitoring lingkungan sekolah. Selain meningkatkan kompetensi teknis, kegiatan ini juga mendorong penguatan budaya inovasi, kreativitas, dan pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah vokasi. Program ini diharapkan dapat menjadi model pembelajaran praktis yang mendukung kesiapan siswa menghadapi kebutuhan industri digital dan perkembangan teknologi Industri 4.0.

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) berupa pelatihan implementasi Internet of Things (IoT) berbasis ESP32 untuk monitoring lingkungan sekolah di SMK Negeri 2 Cimahi telah berhasil dilaksanakan dengan baik. Kegiatan ini mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa dalam bidang mikrokontroler, integrasi sensor, komunikasi data berbasis Wi-Fi, serta monitoring data secara real-time menggunakan dashboard berbasis web.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kompetensi siswa pada aspek konsep IoT, pemrograman ESP32, integrasi sensor, dan implementasi sistem monitoring lingkungan. Selain itu, sistem yang dikembangkan mampu berfungsi dengan baik dalam melakukan pemantauan suhu, kelembapan, dan kualitas udara secara real-time.

Melalui pendekatan praktik langsung dan project-based learning, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis siswa, tetapi juga mendorong kemampuan problem solving, kreativitas, dan kesiapan menghadapi perkembangan teknologi Industri 4.0. Dengan demikian, program pelatihan ini memberikan kontribusi positif terhadap penguatan kompetensi vokasi dan pengembangan pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah.

5. SARAN

Disarankan agar kegiatan pelatihan Internet of Things (IoT) berbasis ESP32 di SMK Negeri 2 Cimahi dapat dilaksanakan secara berkelanjutan dengan pengembangan materi yang lebih lanjut, seperti integrasi cloud computing, artificial intelligence (AI), dan smart automation. Selain itu, sekolah diharapkan dapat meningkatkan fasilitas laboratorium dan mendukung pembelajaran berbasis proyek agar kompetensi siswa semakin sesuai dengan kebutuhan industri digital dan perkembangan teknologi Industri 4.0.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Politeknik TEDC Bandung yang telah memberikan dukungan, fasilitas, serta kesempatan dalam pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMK Negeri 2 Cimahi yang telah memberikan izin, dukungan sarana dan prasarana, serta partisipasi aktif selama kegiatan pelatihan berlangsung. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh guru, siswa, dan pihak terkait yang telah membantu sehingga kegiatan pelatihan implementasi Internet of Things (IoT) berbasis ESP32 untuk monitoring lingkungan sekolah dapat terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat bagi peningkatan kompetensi siswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, J., Dethan, J. F. N., Arijanto, R., Daniawan, B., & Leo, A. (2024). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Pelatihan Siswa Multimedia SMK Setia Bhakti. *Jurnal Abdimas Berdaya: Jurnal Pembelajaran, Pemberdayaan dan Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 55.
- Aziz, R., & Rahmad, F. (2021). Pelatihan Dasar Internet of Things bagi Siswa SMK dalam Menghadapi Era Industri 4.0. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknologi*, 4(1), 33–40.
- Dinata, I., Hidayat, T., & Rahman, A. (2025). Pelatihan Dasar IoT Menggunakan ESP32 bagi Siswa Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Teknokrat*, 5(2), 45–52.
- El Anshori, Y. T., Kunda, R. M., & Manuhutu, F. (2025). Design and Construction of a Real-Time Air Quality Monitoring System Using IoT-Based ESP32 to Strengthen Environmental Policies. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2), 145–152.
- Insiyanda, D. R., Putra, M., & Wijaya, A. (2025). Integrating TPACK and IoT to Enhance Learning Outcomes in Vocational Education. *Journal of Education Technology*, 19(1), 33–45.
- Kamdi, W. (2010). Implementasi Project-Based Learning di Sekolah Menengah Kejuruan. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 17(1), 98.
- Putra, Y. K., Sadali, M., Fathurrahman, F., & Mahpuz, M. (2020). Pelatihan Uji Kompetensi Keahlian Siswa Sekolah Kejuruan Menggunakan Metode Participatory Learning and Action (PLA). *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 1(2), 46–52.

- Sukmawati, F., Santosa, E. B., Trisnaningsih, S., Ridhani, J., & Prihatin, R. (2025). Integrating Web-Based IoT Learning Media to Enhance Critical Thinking and Problem-Solving Skills in Vocational Education. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 27(3), 981–991.
- Suwastika, N. A., Pradana, I. G. A., & Putra, A. A. (2025). IoT Readiness Model for Urban Vocational School. *Qubahan Academic Journal*, 5(1), 1–12.
- Willyarto, M. N., Pratiwi, D., & Nugraha, R. (2023). Branding Vocational School with The Internet of Things (IoT). *Journal of Communication and Public Relations*, 3(2), 78–89.