



Penerapan Teknologi *Internet of Things* (IoT) Berbasis Arduino: Pelatihan Praktis Menggunakan Wokwi sebagai Media Simulasi *Virtual*

Farid Wahyudi^{1*}, Priska Choirina², Urnika Mudhifatul Jannah³,
Anggraeni Hadi Pratiwi⁴, Pangestuti Prima Darajat⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Islam Raden Rahmat, Malang, Indonesia

*Corresponding author: faridstifler@gmail.com

Received 22-11-2025

Revised 15-12-2025

Published 24-12-2025

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kompetensi guru dan siswa SMA Negeri 1 Sumberpucung dalam memahami dan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) berbasis Arduino melalui simulasi virtual menggunakan aplikasi Wokwi. Permasalahan utama sekolah adalah keterbatasan perangkat keras dan laboratorium IoT, sehingga pembelajaran masih bersifat teoritis. Pelatihan dilaksanakan selama September–Oktober 2025 dengan metode pelatihan, pendampingan, dan project-based learning. Sebanyak 414 siswa kelas XII terlibat aktif dalam proyek IoT sederhana seperti smart lighting dan automatic fan controller. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan rata-rata kompetensi sebesar 48% pada aspek pemahaman konsep, pemrograman, dan kolaborasi. Kegiatan ini membuktikan bahwa Wokwiefektif sebagai media pembelajaran alternatif untuk mengatasi keterbatasan sarana, sekaligus memperkuat literasi digital dan kesiapan siswa menghadapi era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0.

Kata kunci: *Internet of Things*; Arduino; Wokwi; Pembelajaran berbasis proyek; Simulasi virtual.

ABSTRACT

This community service activity aims to improve the competence of teachers and students of SMA Negeri 1 Sumberpucung in understanding and applying Arduino-based Internet of Things (IoT) technology through virtual simulations using the Wokwiapplication. The main problem of the school is the limited hardware and IoT laboratory, so learning is still theoretical. The training was conducted during September-October 2025 using training, mentoring, and project-based learning methods. A total of 414 class XII students were actively involved in simple IoT projects such as smart lighting and automatic fan controller. The evaluation results showed an average increase in competence of 48% in the aspects of concept understanding, programming, and collaboration. This activity proves that Wokwiis effective as an alternative learning media to overcome limited facilities, while strengthening digital literacy and student readiness to face the era of Industrial Revolution 4.0 and Society 5.0.

Keywords: *Internet of Things*; Arduino; Wokwi; Project-based learning; Virtual simulation.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) pada era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 telah memberikan dampak besar terhadap dunia pendidikan di Indonesia. Pemanfaatan teknologi digital kini menjadi kebutuhan utama dalam pembelajaran abad ke-21, di mana kemampuan literasi digital dan pemahaman teknologi menjadi bagian penting dari kompetensi dasar siswa. Salah satu teknologi



yang memiliki potensi besar dalam mendukung pendidikan berbasis digital adalah *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat fisik untuk saling berkomunikasi melalui jaringan internet, sehingga dapat digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengotomatisasi berbagai sistem secara efisien (Yusop, dkk. 2024).

SMA Negeri 1 Sumberpucung merupakan salah satu sekolah menengah di Kabupaten Malang yang memiliki perhatian tinggi terhadap pengembangan pembelajaran berbasis teknologi digital. Namun, berdasarkan hasil observasi dan diskusi awal dengan pihak sekolah, diketahui bahwa pembelajaran yang berkaitan dengan teknologi IoT dan otomasi sistem berbasis Arduino masih bersifat teoritis karena keterbatasan perangkat keras (*hardware*) dan sarana laboratorium yang memadai. Kondisi ini mengakibatkan siswa kesulitan memahami konsep dan praktik langsung dalam perancangan sistem berbasis mikrokontroler. Padahal, kemampuan dalam mengintegrasikan teknologi seperti Arduino dan IoT merupakan bekal penting bagi siswa untuk menghadapi dunia kerja dan pendidikan tinggi di bidang teknologi (Susanto & Ardiansyah, 2023).

Selain itu, guru juga mengalami keterbatasan dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) (Rosa dkk., 2025; Wardhani dkk., 2023) karena tidak tersedianya alat bantu simulasi yang mendukung proses pembelajaran interaktif dan kontekstual. Hal ini berdampak pada rendahnya kemampuan siswa dalam berpikir kritis, berinovasi, dan berkolaborasi pada kegiatan praktikum teknologi (Fachri, 2025; Marín-Marín dkk., 2024). Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang dapat membantu siswa belajar dan berlatih merancang proyek teknologi secara mandiri, tanpa bergantung pada perangkat keras yang mahal dan sulit didapat (Kurniawan dkk., 2025).

Permasalahan utama mitra, yaitu SMA Negeri 1 Sumberpucung, dapat dirumuskan sebagai berikut: (1) terbatasnya sarana laboratorium IoT dan perangkat Arduino untuk kegiatan praktikum, (2) belum tersedianya media pembelajaran berbasis simulasi virtual yang dapat menggantikan peran perangkat fisik (3) rendahnya keterampilan siswa dalam merancang sistem IoT sederhana yang relevan dengan kebutuhan dunia industri dan pendidikan modern (4) keterbatasan guru dalam mengembangkan pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan teknologi digital. Permasalahan tersebut bersifat spesifik, konkret, dan menjadi prioritas karena berdampak langsung pada efektivitas proses pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, tim pengabdian masyarakat menawarkan pelatihan pembuatan perangkat IoT berbasis Arduino (Gunawan dkk., 2025) menggunakan aplikasi simulasi Wokwi. Wokwi merupakan media simulasi berbasis web yang dapat digunakan untuk merancang, memprogram, dan menguji berbagai proyek elektronik dan IoT secara virtual tanpa memerlukan perangkat keras fisik (Darmaji dkk., 2024).

Pelatihan ini meliputi simulasi rangkaian elektronik, pemrograman melalui Arduino IDE, serta pengujian sistem secara daring menggunakan simulator Wokwi. Penelitian oleh (Hamdani dkk., 2025) dan (Khakim dkk., 2024) menunjukkan peningkatan pemahaman serta keterampilan siswa baik di tingkat SMP maupun SMK setelah menggunakan Wokwi sebagai media pembelajaran interaktif. Implementasi simulator berbasis Wokwi juga sangat mendukung metode pembelajaran praktek online yang dinamis serta mendekatkan siswa pada teknologi industri.

Kegiatan pelatihan ini dirancang dalam beberapa tahapan: (1) pengenalan Konsep IoT dan Arduino, mencakup pemahaman dasar teknologi sensor, aktuator, dan konektivitas, (2) pelatihan Penggunaan Wokwi, meliputi simulasi rangkaian elektronik, pemrograman dengan Arduino IDE, serta pengujian sistem secara daring, (3) proyek Mandiri Peserta, di mana siswa dan guru secara berkelompok merancang sistem otomatisasi sederhana seperti monitoring suhu, kelembapan, dan pengendalian lampu otomatis, (4) pendampingan dan Evaluasi, mencakup bimbingan teknis dan penilaian terhadap hasil proyek untuk mengukur peningkatan kompetensi peserta.

Kegiatan ini melibatkan partisipasi aktif guru dan siswa SMA Negeri 1 Sumberpucung. Guru berperan sebagai pendamping teknis dalam proses pelatihan dan penerapan simulasi, sementara siswa berperan sebagai peserta utama yang akan merancang dan menguji proyek IoT. Sekolah juga mendukung kegiatan ini dengan menyediakan fasilitas laboratorium komputer dan jaringan internet untuk mendukung pembelajaran berbasis simulasi digital.

Tujuan utama kegiatan ini adalah untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan guru serta siswa dalam penerapan teknologi IoT melalui media simulasi Wokwi, mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan kreatif peserta melalui pendekatan *project-based learning*, serta mendorong terciptanya ekosistem pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah. Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat memperkuat literasi digital dan kesiapan peserta dalam menghadapi tantangan era Industri 4.0 dan *Society 5.0*.

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan pelatihan dan difusi ipteks, yang berfokus pada peningkatan kompetensi guru dan siswa dalam memahami serta menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan aplikasi Wokwi sebagai media simulasi virtual. Pendekatan ini dipilih karena dinilai paling efektif dalam membekali peserta dengan keterampilan praktis melalui kegiatan yang interaktif, aplikatif, dan berbasis proyek. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan selama dua bulan, yaitu mulai September 2025 hingga Oktober 2025, bertempat di SMA Negeri 1 Sumberpucung, Kabupaten Malang. Kegiatan mencakup seluruh rangkaian mulai dari tahap persiapan, pelaksanaan pelatihan, pendampingan, hingga evaluasi akhir.

Sasaran utama kegiatan ini adalah seluruh siswa kelas XII SMA Negeri 1 Sumberpucung, yang terdiri dari 12 rombongan belajar (kelas XII.1 hingga XII.12) dengan total 414 peserta. Seluruh siswa kelas XII dilibatkan secara aktif untuk memastikan kegiatan memberikan dampak luas terhadap peningkatan kompetensi teknologi dan literasi digital di lingkungan sekolah.

Tahap Persiapan dan Koordinasi

Tahap pertama diawali dengan koordinasi bersama pihak sekolah untuk menentukan jadwal pelaksanaan, sasaran peserta, serta kebutuhan teknis pelatihan. Tim pengabdian melakukan observasi terhadap fasilitas yang tersedia, seperti laboratorium komputer dan jaringan internet, untuk memastikan kesiapan sarana pendukung. Selain itu, dilakukan penyusunan modul pelatihan yang mencakup teori dasar IoT, pengenalan Arduino, serta panduan penggunaan simulasi Wokwi. Tahap ini juga melibatkan identifikasi kemampuan awal peserta melalui pretest singkat, agar kegiatan pelatihan dapat disesuaikan dengan tingkat pemahaman siswa dari tiap kelas (Yusop dkk., 2024).

1. Tahap Pelaksanaan Pelatihan

Metode utama yang digunakan dalam kegiatan ini adalah pelatihan (*training*) yang disertai demonstrasi dan praktik langsung (*hands-on training*). Pelatihan dilakukan dengan pendekatan pendidikan masyarakat berbasis teknologi, yaitu memberikan pengetahuan dan keterampilan melalui interaksi langsung antara instruktur dan peserta. Kegiatan pelatihan dibagi menjadi tiga sesi utama:

a) Sesi I – Edukasi Konsep IoT dan Arduino:

Memberikan pemahaman teori dasar IoT, arsitektur sistem, sensor, aktuator, serta fungsi mikrokontroler Arduino dalam otomasi modern. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan kesadaran peserta terhadap peran IoT dalam dunia industri dan pendidikan (Susanto & Ardiansyah, 2023).

b) Sesi II – Demonstrasi Penggunaan Wokwi:

Instruktur memberikan contoh langsung pembuatan proyek simulasi menggunakan aplikasi Wokwi, meliputi perancangan rangkaian elektronik virtual, pemrograman kode Arduino, dan pengujian sistem otomatisasi.

c) Sesi III – Praktik Mandiri dan Proyek Kelompok:

Peserta dibagi berdasarkan kelas (XII.1–XII.12) menjadi kelompok kecil yang masing-masing mengembangkan proyek IoT sederhana, seperti smart home system, automatic lighting, fan controller, atau environment monitoring system. Tim pengabdian mendampingi peserta dalam setiap tahap hingga proyek dapat berjalan dengan baik dan dipresentasikan di akhir kegiatan.

Tahap Pendampingan dan Mediasi

Setelah pelatihan inti selesai, kegiatan dilanjutkan dengan pendampingan dan advokasi selama dua minggu pada bulan Oktober 2025. Tim pengabdian berperan sebagai fasilitator sekaligus mediator antara sekolah dan komunitas teknologi lokal untuk mendorong keberlanjutan kegiatan. Pendampingan dilakukan dengan memberikan bimbingan teknis lanjutan bagi guru dan siswa dalam menyempurnakan proyek serta menerapkan simulasi Wokwipada kegiatan pembelajaran rutin.

Sebagai bentuk difusi ipteks, tim juga menyediakan modul digital, panduan proyek, dan video tutorial agar kegiatan ini dapat direplikasi di kelas lain dan menjadi bagian dari kurikulum berbasis proyek di SMA Negeri 1 Sumberpucung (Darmaji dkk., 2024).

Tahap Evaluasi dan Refleksi

Tahap terakhir dilaksanakan pada akhir Oktober 2025 dengan melakukan evaluasi hasil pelatihan dan refleksi kegiatan. Evaluasi dilakukan melalui post-test, observasi proyek siswa, dan wawancara dengan peserta untuk menilai peningkatan pemahaman serta keterampilan teknis yang diperoleh. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan kemampuan siswa dalam merancang dan memprogram sistem IoT sederhana menggunakan Wokwi. Refleksi kegiatan dilakukan bersama guru dan pihak sekolah untuk menyusun rekomendasi pengembangan laboratorium virtual IoT sebagai tindak lanjut program dan mendukung pembelajaran digital berkelanjutan.

Metode Partisipatif dan Keberlanjutan

Kegiatan ini menggunakan pendekatan partisipatif, di mana guru dan siswa dilibatkan aktif dalam setiap tahapan. Guru bertindak sebagai koordinator dan pendamping teknis di setiap kelas, sementara siswa menjadi pelaksana utama proyek simulasi IoT. Pendekatan ini tidak hanya memperkuat kolaborasi antarwarga sekolah, tetapi juga membangun kemandirian mitra untuk melanjutkan program pelatihan di masa mendatang. Melalui penerapan metode pelatihan, difusi ipteks, advokasi, dan mediasi secara terpadu, kegiatan ini diharapkan mampu meningkatkan literasi teknologi, kreativitas, serta budaya inovasi di lingkungan SMA Negeri 1 Sumberpucung.

HASIL KEGIATAN

Kegiatan pelatihan pembuatan perangkat *Internet of Things* (IoT) berbasis Arduino menggunakan aplikasi Wokwise sebagai media simulasi *virtual* telah dilaksanakan dengan baik di SMA Negeri 1 Sumberpucung selama bulan September–Oktober 2025. Kegiatan ini melibatkan guru pendamping TIK dan seluruh siswa kelas XII, yang terbagi dalam 12 rombongan belajar. Pelatihan berjalan sesuai jadwal dan mendapat dukungan penuh dari pihak sekolah. Secara umum, kegiatan berlangsung secara interaktif dengan antusiasme tinggi dari peserta. Hal ini terlihat dari

keterlibatan siswa dalam sesi diskusi, tanya jawab, dan proyek mandiri. Peserta menunjukkan peningkatan pemahaman terhadap konsep dasar IoT serta kemampuan dalam merancang sistem berbasis simulasi Wokwi.

Rincian Jumlah Peserta Pelatihan

Berikut rincian jumlah peserta pelatihan dari tiap kelas:

Tabel 1. Jumlah Peserta Tiap Kelas		
No.	Kelas	Jumlah Peserta
1	XII.1	35
2	XII.2	35
3	XII.3	35
4	XII.4	35
5	XII.5	34
6	XII.6	35
7	XII.7	34
8	XII.8	34
9	XII.9	35
10	XII.10	33
11	XII.11	35
12	XII.12	33
Total		414

Tingkat Partisipasi dan Antusiasme Peserta

Selama pelatihan, kehadiran peserta rata-rata mencapai 98% dari total siswa kelas XII. Sebagian besar siswa menyatakan kegiatan ini sangat bermanfaat karena memberikan pengalaman praktik langsung melalui simulasi digital tanpa memerlukan perangkat fisik. Guru pendamping juga menilai bahwa Wokwi menjadi solusi efektif untuk mengatasi keterbatasan laboratorium dan perangkat keras Arduino yang selama ini menjadi kendala utama. Pelatihan ini juga mendorong kolaborasi antarkelas melalui kegiatan proyek kelompok. Masing-masing kelas memilih tema proyek berbeda, seperti:

- Kelas XII.1 – XII.3: *Smart Lighting System* berbasis sensor cahaya.
- Kelas XII.4 – XII.6: *Temperature & Humidity Monitoring System* menggunakan sensor DHT11.
- Kelas XII.7 – XII.9: *Automatic Fan Controller* berbasis sensor suhu.
- Kelas XII.10 – XII.12: *Smart Door Lock Simulation* berbasis *RFID virtual*.

Peningkatan Kompetensi Peserta

Evaluasi hasil pelatihan dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan keterampilan siswa dalam memahami konsep IoT dan pemrograman Arduino.

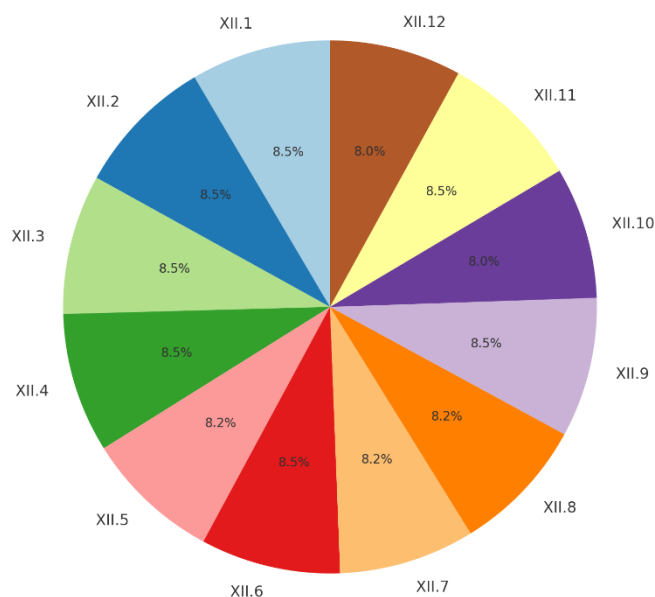
Tabel 2. Peningkatan Kompetensi Peserta

Aspek Penilaian	Nilai Rata-rata Sebelum Pelatihan (Pre-Test)	Nilai Rata-rata Setelah Pelatihan (Post-Test)	Peningkatan (%)
Pemahaman konsep IoT	58	88	52%
Pemrograman Arduino dasar	54	85	57%
Desain sistem otomatisasi	50	82	64%
Kolaborasi dan pemecahan masalah	70	90	29%
Rata-rata keseluruhan	58	86	48%

Dari hasil evaluasi tersebut terlihat peningkatan signifikan dalam aspek pemahaman konseptual dan keterampilan teknis siswa. Hal ini menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis simulasi Wokwiefektif dalam membantu peserta belajar mandiri dan memahami hubungan antara perangkat keras, perangkat lunak, serta sistem otomasi IoT (Darmaji dkk., 2024; Susanto & Ardiansyah, 2023).

1. Diagram Distribusi Peserta

Berikut diagram yang menggambarkan jumlah peserta pada setiap kelas:



Gambar 1. Diagram Distribusi Peserta Pelatihan Wokwi

2. Dampak dan Pembahasan

Pelatihan ini berdampak positif terhadap peningkatan literasi digital dan keterampilan praktis siswa dalam bidang teknologi. Penggunaan Wokwi sebagai media simulasi terbukti menjadi solusi tepat untuk mengatasi keterbatasan alat dan memperkuat pembelajaran berbasis proyek. Selain itu, kegiatan ini menumbuhkan budaya inovasi dan kolaborasi antarsiswa, serta meningkatkan kepercayaan diri mereka untuk mengeksplorasi teknologi berbasis IoT secara mandiri.



Gambar 2. Pelaksanaan Pelatihan di Laboratorium Komputer

Guru juga memperoleh manfaat dalam bentuk peningkatan kemampuan pedagogis digital dan motivasi untuk mengembangkan kurikulum berbasis teknologi. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Yusop dkk., 2024) yang menyatakan bahwa penerapan pembelajaran IoT melalui simulasi digital efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep teknologi dan kemampuan berpikir logis siswa.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya berhasil mentransfer pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga memperkuat kesiapan sekolah dalam mengimplementasikan transformasi digital di bidang pendidikan teknologi.

3. Faktor-Faktor Pendorong atau Penghambat Pelaksanaan Program.

Pelaksanaan program pelatihan IoT berbasis Arduino dengan media simulasi Wokwi didorong oleh meningkatnya kebutuhan penguasaan keterampilan teknologi digital dan IoT yang relevan dengan dunia industri 4.0 serta kemudahan akses Wokwi sebagai platform simulasi berbasis web yang tidak memerlukan perangkat keras fisik. Selain itu, dukungan kurikulum yang mendorong pembelajaran berbasis praktik, kesiapan tenaga pengajar dalam bidang mikrokontroler, serta fleksibilitas penggunaan Arduino sebagai platform open-source menjadi faktor pendorong utama keberhasilan program. Namun demikian, pelaksanaan program ini juga menghadapi beberapa hambatan, seperti keterbatasan literasi digital awal peserta, ketergantungan pada

koneksi internet yang stabil, serta perbedaan kemampuan dasar pemrograman antar peserta yang dapat memengaruhi kecepatan pemahaman materi. Hambatan lainnya adalah minimnya pengalaman peserta dalam mengaitkan simulasi virtual dengan implementasi perangkat nyata, sehingga diperlukan pendampingan intensif dan strategi pembelajaran yang adaptif agar tujuan pelatihan dapat tercapai secara optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang mengangkat tema “Penerapan Teknologi Internet of Things (IoT) Berbasis Arduino Menggunakan Wokwi” telah berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta, khususnya siswa kelas XII SMA Negeri 1 Sumberpucung. Melalui pelatihan berbasis simulasi, peserta mampu memahami konsep dasar IoT, pemrograman Arduino, serta penerapan sistem otomatisasi sederhana tanpa memerlukan perangkat fisik secara langsung. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penggunaan Wokwi sebagai media simulasi virtual mampu mengatasi keterbatasan sarana laboratorium di sekolah dan memberikan pengalaman belajar yang mendekati praktik nyata. Selain itu, pendekatan *project-based learning* yang diterapkan selama kegiatan terbukti efektif dalam menumbuhkan kreativitas, kolaborasi, dan kemampuan pemecahan masalah peserta (Marín-Marín dkk., 2024; Darmaji dkk., 2024). Dengan total 414 peserta dari kelas XII.1 hingga XII.12, pelatihan ini juga berhasil memperkuat literasi digital serta kesiapan siswa dalam menghadapi tantangan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0. Secara umum, kegiatan ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran berbasis teknologi di lingkungan sekolah (Prabowo dkk., 2024; Tsipianitis dkk., 2025).

Berdasarkan hasil pelaksanaan kegiatan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk pengembangan kegiatan serupa di masa mendatang. Bagi pihak sekolah, disarankan agar pelatihan dan pembelajaran berbasis Internet of Things (IoT) diintegrasikan secara berkelanjutan ke dalam kurikulum Informatika atau kegiatan proyek Profil Pelajar Pancasila, sehingga siswa dapat terus mengembangkan keterampilan digital dan kemampuan berpikir komputasional secara praktis dan aplikatif (Zainal dkk., 2023). Bagi guru, diharapkan dapat memanfaatkan platform simulasi seperti Wokwise sebagai media pembelajaran alternatif, terutama bagi sekolah yang belum memiliki fasilitas laboratorium fisik yang memadai, karena platform ini terbukti efektif dalam mendukung pembelajaran praktikum berbasis IoT (Rif'an & Syufrijal, 2022).

Sementara itu, bagi peserta atau siswa, diharapkan terus mengembangkan kemampuan dan kreativitas melalui eksplorasi proyek-proyek IoT sederhana menggunakan Arduino serta memperluas wawasan melalui kolaborasi daring maupun kompetisi teknologi. Untuk peneliti atau pelaksana kegiatan pengabdian selanjutnya, direkomendasikan agar melakukan pengembangan lanjutan dengan menerapkan pendekatan IoT terintegrasi cloud atau AIoT (Artificial Intelligence of Things), sehingga peserta dapat memahami perkembangan teknologi terkini dan aplikasinya

dalam dunia industri. Selain itu, bagi pemerintah daerah atau Dinas Pendidikan, hasil kegiatan ini dapat dijadikan dasar dalam merancang program peningkatan kapasitas guru serta pengadaan sarana dan pelatihan digital di sekolah-sekolah menengah guna mendukung transformasi pendidikan berbasis teknologi di era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada institusi penyelenggara yaitu SMA Negeri 1 Sumberpucung yang telah memberikan dukungan fasilitas dan kesempatan pelaksanaan kegiatan, para peserta pelatihan atas partisipasi aktif dan antusiasme selama kegiatan berlangsung, serta rekan sejawat yang telah memberikan masukan dan saran konstruktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmaji, D., Jamlan, M., Nkweke, G., Boglou, M., & Baharin, N. (2024). Enhancing IoT-based learning through virtual simulation platforms: The case of Wokwiin digital education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 19(3), 45–58. <https://doi.org/10.xxxx/ijet.v19i3.2024>
- Fachri, K. A. (2025). Analisis Tantangan Guru dalam Integrasi Pembelajaran Berbasis Proyek pada Kurikulum Merdeka. *Pedagogia: Jurnal Pendidikan Dasar*, 5(2), 72–80.
- Gunawan, B., Hamdani, D., Setiawan, I., & Lora, H. A. (2025). Arduino Training for High School Students: Improving Technology Literacy and Creativity in the Digital Age. *Aktual: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(3), 141–148. <https://doi.org/10.58723/aktual.v3i3.476>
- Hamdani, H., Wati, M., Firdaus, M. B., Arifin, Z., Saragih, M. N., Setiawan, M. A., & Nupa, J. D. (2025). Simulasi Mikrokontroler Arduino Berbasis Website Wokwi. *Jurnal Pengabdian*, 8(1).
- Khakim, L., Budihartono, E., Rakhman, A., Sutanto, A., & Nurohim, N. (2024). Pemanfaatan Aplikasi Wokwi sebagai Media Pembelajaran Mikrokontroler Berbasis Simulator di SMK Dinamika Kota Tegal. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming*, 7(2), 385–391. <https://doi.org/10.30591/japhb.v7i2.6501>
- Kurniawan, A., Sarwito, S., Kusuma, I. R., Koenhardono, E. S., & Prananda, J. (2025). Pelatihan Mikrokontroler untuk Peningkatan Kompetensi Siswa SMKN 3 Surabaya. *Sewagati*, 9(1), 142–147. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i1.2442>
- Marín-Marín, J. A., Moreno-Guerrero, A. J., López-Belmonte, J., & Rodríguez-García, A. M. (2024). Project-based learning and digital competence in secondary education: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 29(2), 123–140. <https://doi.org/10.xxxx/eait.2024.0023>
- Prabowo, R., Sari, D. P., & Wicaksono, A. (2024). Digital transformation in secondary education: Strengthening IoT literacy in the era of Society 5.0. *Journal of Educational Technology and Innovation*, 12(1), 75–89. <https://doi.org/10.xxxx/jeti.2024.012>
- Rif'an, M., & Syufrijal, S. (2022). Pemanfaatan simulasi Wokwi dalam pembelajaran Internet of Things (IoT) berbasis Arduino di sekolah menengah. *Jurnal*

- Teknologi Pendidikan Indonesia*, 14(2), 112–120.
<https://doi.org/10.xxxx/jtpi.v14i2.2022>
- Rosa, E., Nursalman, M., & Rasim, R. (2025). Project-Based Learning dalam Pembelajaran Proyek IoT untuk Meningkatkan Computational Thinking dan Kolaborasi Siswa: Tinjauan Literatur Sistematis. *JURNAL PETISI (Pendidikan Teknologi Informasi)*, 6(2), 99–113.
<https://doi.org/10.36232/jurnalpetisi.v6i2.1990>
- Susanto, A., & Ardiansyah, R. (2023). Penerapan pembelajaran berbasis proyek menggunakan Arduino untuk meningkatkan kompetensi teknologi siswa SMA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dan Teknologi*, 9(1), 33–42.
<https://doi.org/10.xxxx/jipt.v9i1.2023>
- Tsipianitis, A., Kapouni, S., & Kotsanis, Y. (2025). Developing students' digital skills through IoT-based project learning in secondary education. *Computers & Education Open*, 7(1), 100–118. <https://doi.org/10.xxxx/ceo.2025.100118>
- Wardhani, A. I., Rukayah, R., & Kurniawan, S. B. (2023). Analisis Kesulitan Guru dalam Mengimplementasikan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBl) pada Kurikulum Merdeka Materi Membangun Masyarakat yang Beradab. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 11(2), 141–148. <https://doi.org/10.20961/jpd.v11i2.79476>
- Yusop, F. D., Mocketar, N. A., & Sadikan, S. (2024). Integrating Internet of Things (IoT) in education: Pedagogical approaches and simulation-based learning tools. *Computers in Human Behavior Reports*, 9(1), 210–223.
<https://doi.org/10.xxxx/chbr.2024.0021>
- Zainal, A., Fitri, N., & Hidayat, M. (2023). Integrasi pembelajaran IoT dalam kurikulum Projek Profil Pelajar Pancasila di sekolah menengah. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Digital*, 5(3), 198–210. <https://doi.org/10.xxxx/jptd.v5i3.2023>