

Pelatihan pemanfaatan teknologi akuaponik cerdas berbasis *artificial intelligence* dan *internet of things* di SMKN 10 Surabaya dan Komunitas Inisiatif Bangkalan

Dafit Ody Endriantono¹, Muhammad Krisnanda Vilovan Saputra²

¹Program Studi Teknik Elektronika, Departemen Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

²Program Studi Sains Data Terapan, Departemen Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Indonesia

Penulis korespondensi : Dafit Ody Endriantono

E-mail : dafitody04@ee.student.pens.ac.id

Diterima: 27 Februari 2026 | Direvisi: 05 April 2026 | Disetujui: 06 April 2026 | Online: 19 April 2026

© Penulis 2026

Abstrak

Upaya mewujudkan kedaulatan pangan nasional seringkali terbentur oleh minimnya pemahaman mengenai teknologi agrikultur mutakhir di lingkup pendidikan vokasi maupun kelompok tani. Program pengabdian ini mengintegrasikan sistem akuaponik cerdas berbasis *Artificial Intelligence (AI)* dan *Internet of Things (IoT)* bagi 30 siswa RPL SMKN 10 Surabaya serta 13 petani di Bangkalan guna mempertajam kompetensi teknis dan minat mereka terhadap sistem pertanian presisi. Melalui inisiatif "Yuk Kenal Teknologi", pendekatan yang diterapkan mencakup pemaparan teoritis, praktik perakitan instrumen, serta visualisasi data melalui aplikasi monitoring secara langsung. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa 81,4% peserta (35 dari 43 orang) berhasil menunjukkan kompetensi teknis, khususnya dalam melakukan konfigurasi sensor IoT dan pengoperasian sistem pakan otomatis melalui aplikasi, sehingga mencapai kategori "Sukses". Selain aspek keterlibatan, program ini memicu pergeseran kognitif yang dibuktikan dengan perubahan jenis pertanyaan peserta dari pertanyaan faktual dasar menjadi pertanyaan prosedural yang kompleks terkait logika sistem dan otomatisasi. Keseriusan mitra untuk melakukan replikasi mandiri menjadi indikator kuat bagi keberlanjutan program ini di masa depan. Secara keseluruhan, inisiatif ini memformulasikan model edukasi yang efisien dalam mengakselerasi budaya inovasi pangan berkelanjutan sejak dini.

Kata kunci: akuaponik presisi; AI & IoT; pertanian digital; inovasi pangan; pembelajaran aplikatif.

Abstract

Obstacles in achieving national food independence often stem from limited awareness of advanced farming techniques within vocational institutions and rural groups. This initiative focuses on deploying AI and IoT-integrated smart aquaponics to 30 software engineering students at SMKN 10 Surabaya and 13 local farmers in Bangkalan to bolster their technical proficiency and interest in smart farming. The program's framework, part of the "Yuk Kenal Teknologi" initiative, employs a mix of conceptual briefings, real-time hardware assembly, and demonstrations of a digital monitoring dashboard. Evaluation results indicated that 81.4% of participants (35 out of 43) successfully demonstrated technical competencies, specifically in configuring IoT sensors and operating automatic feeding systems via the application, achieving the "Success" category. Beyond engagement, the program fostered a cognitive shift, as evidenced by participants' inquiries transitioning from basic factual questions to complex procedural ones regarding system logic and automation. Long-term viability is supported by local partners' commitment to independently adopt and expand this system. Ultimately, this serves as a scalable pedagogical blueprint for nurturing early-stage innovation in sustainable food systems.

Keywords: precision aquaponics; AI & IoT; digital agriculture; food innovation; applied learning.

PENDAHULUAN

Krisis pangan global dan volatilitas harga komoditas pertanian telah mendorong urgensi kemandirian pangan sebagai agenda prioritas di berbagai negara termasuk Indonesia, untuk menjamin ketahanan nasional jangka panjang dan menekan laju emisi karbon secara signifikan (Rizky et al, 2023). Komitmen ini diwujudkan melalui target ambisius untuk mencapai kedaulatan pangan berkelanjutan serta mendukung transisi menuju sistem pertanian rendah emisi (Arsita et al, 2021); (Hermawan & Prabhawati, 2024). Sebagai negara tropis, Indonesia dianugerahi potensi pengembangan pertanian terintegrasi yang sangat melimpah, namun sebuah paradoks besar masih membayangi di mana potensi raksasa ini belum diimbangi dengan tingkat pemanfaatan teknologi yang optimal dikarenakan realisasi target teknologi nasional baru mencapai angka 13,1% pada tahun 2024 (Nasir & Bengi, 2024). Salah satu akar masalahnya adalah rendahnya tingkat literasi dan adopsi teknologi pertanian presisi (*smart farming*) di tengah masyarakat yang dipicu oleh kesenjangan infrastruktur digital serta tingginya biaya investasi awal yang menjadi hambatan utama bagi petani kecil dalam mengakses inovasi agribisnis modern (Harahap et al, 2024), yang memerlukan partisipasi aktif dari berbagai pihak untuk mendukung transisi teknologi pangan.

Dunia pendidikan memegang peranan amat strategis sebagai fondasi untuk membangun kesadaran kolektif dan mempersiapkan sumber daya manusia (SDM) unggul yang mampu beradaptasi serta berinovasi di era teknologi berkelanjutan (Kurniawan et al, 2024). Pengenalan teknologi otomatisasi sejak dini di sekolah tidak hanya relevan, tetapi juga krusial untuk menstimulasi minat siswa pada bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) dengan menargetkan penguasaan kompetensi teknis spesifik pada konfigurasi perangkat sensor *Internet of Things (IoT)* serta pengoperasian logika kontrol otomatis melalui aplikasi monitoring. Upaya ini sangat selaras dengan visi dan tujuan program Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5) dalam Kurikulum Merdeka, di mana program ini berperan sebagai sarana implementasi tema rekayasa dan teknologi melalui model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) yang secara eksplisit mendorong pengasahan dimensi-dimensi kunci seperti bernalar kritis, mandiri, dan kreatif pada siswa (Diana et al, 2024). Hubungan program ini dengan kerangka kurikulum P5 terletak pada pemberian ruang bagi siswa untuk mentransformasikan keahlian rekayasa perangkat lunak menjadi solusi nyata guna menjawab tantangan kedaulatan pangan di lingkungan masyarakat.

Akan tetapi, niat baik untuk mengintegrasikan pendidikan teknologi pertanian cerdas ke dalam kurikulum seringkali terbentur oleh realitas di lapangan. Institusi pendidikan seperti SMKN 10 Surabaya, meskipun memiliki keunggulan di bidang Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) menghadapi tantangan kompleks dalam mengimplementasikan pembelajaran inovatif (Endriantono et al, 2025). Kendala utama yang paling sering dijumpai adalah keterbatasan anggaran untuk pengadaan sarana dan prasarana praktikum, mengingat biaya investasi awal untuk komponen sensor dan sistem kontrol cenderung tinggi (Hikmawati et al, 2023). Akibatnya, proses pembelajaran menjadi sangat teoritis, abstrak, dan kurang menarik bagi 30 siswa kelas XII RPL. Selain masalah finansial, tantangan signifikan lainnya terletak pada keterbatasan kompetensi masyarakat lokal seperti 13 petani di Komunitas Inisiatif Bangkalan yang disebabkan oleh minimnya akses terhadap program pelatihan teknologi pertanian digital yang relevan (Mayasari et al, 2022). Masalah utama yang disasar melalui program ini adalah kesenjangan antara penguasaan algoritma digital siswa dengan aplikasi fisik di lapangan, sekaligus ketiadaan data parameter kualitas air yang presisi bagi petani.

Menjawab tantangan berlapis ini, kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada intervensi edukatif holistik menjadi sebuah solusi yang sangat relevan dan strategis. Program "Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Akuaponik Cerdas Berbasis Artificial Intelligence dan Internet of Things di SMKN 10 Surabaya dan Komunitas Inisiatif Bangkalan" dirancang dengan pendekatan yang komprehensif. Kebaruan program ini dibandingkan inisiatif serupa sebelumnya terletak pada penggunaan alat peraga edukatif berbiaya rendah (*low-cost*) yang mengintegrasikan luaran riset terapan sistem monitoring akuaponik cerdas (Endriantono et al, 2026), di mana siswa dibimbing secara langsung untuk merealisasikan produk teknologi aplikatif (Latukau, 2023). Aktivitas ini terbukti

mampu meningkatkan motivasi belajar (Wati et al, 2024) dan kemampuan pemecahan masalah siswa secara signifikan (Waruwu et al, 2023). Kedua, peran model *Train-the-Trainer* menjadi kunci keberlanjutan program karena membekali mitra dengan kapasitas teknis instruksional agar mereka dapat melanjutkan program secara mandiri melalui diseminasi inovasi di forum komunitas maupun sekolah (Dwiyatno et al, 2022). Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini merupakan investasi jangka panjang untuk menumbuhkan ekosistem inovasi pangan berkelanjutan (Rosa et al, 2022), yang merupakan esensi dari hilirisasi ilmu pengetahuan untuk pemberdayaan masyarakat (Endriantono et al, 2025).

METODE

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah pendekatan partisipatif yang menggabungkan sosialisasi, demonstrasi praktik, dan pendampingan berkelanjutan. Pendekatan partisipatif dipilih secara strategis guna memfasilitasi interaksi dua arah yang intensif, sehingga tim dapat secara efektif membangun kesadaran mengenai kelebihan serta kekurangan sistem akuaponik sekaligus menjembatani pemahaman teknis integrasi *AI* dan *IoT* bagi audiens dengan latar belakang kompetensi yang berbeda. Kegiatan ini dilaksanakan secara tatap muka pada dua waktu berbeda, yakni tanggal 31 Juli 2025 berlokasi di SMKN 10 Surabaya dan 9 Agustus 2025 di wilayah komunitas di Bangkalan. Peserta yang terlibat mencakup 30 siswa-siswi kelas XII jurusan Rekayasa Perangkat Lunak (RPL) dan 13 orang petani dari Komunitas Inisiatif Bangkalan. Pemilihan 30 siswa RPL didasarkan pada relevansi keahlian mereka dalam pengembangan algoritma digital, sementara 13 petani dipilih sebagai representasi mitra strategis agar kedalaman diskusi teknis serta efektivitas pengamatan partisipatif tetap terjaga sesuai dengan kapasitas laboratorium dan lahan yang tersedia.

Untuk memastikan efektivitas, kegiatan didahului oleh tahap persiapan melalui koordinasi intensif dengan mitra sekolah dan komunitas. Tim pengabdian mempersiapkan materi edukasi berupa presentasi *PowerPoint* (PPT) yang mencakup analisis komparatif kelebihan dan kekurangan teknologi akuaponik cerdas dibandingkan metode konvensional. Selain itu, disiapkan alat peraga fisik berupa sistem akuaponik cerdas yang desain mekanik serta sistem kontrolnya mengacu pada penelitian yang telah dikembangkan oleh (Endriantono et al, 2026).

Sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai unit pemroses utama yang mengelola berbagai instrumen masukan dan keluaran secara terintegrasi. Unit sensor sebagai input sistem terdiri dari sensor suhu tahan air DS18B20 untuk memantau kondisi air, sensor pH-4502C untuk tingkat keasaman, TDS Meter V1.0 untuk konsentrasi nutrisi, serta sensor DHT-22 untuk memantau parameter udara. Untuk mendukung fitur keamanan dan penjadwalan, sistem juga dilengkapi sensor gerak PIR HCSR501 guna mendeteksi gangguan hama serta modul RTC DS3231 untuk manajemen waktu presisi. Pada sisi keluaran (aktuator), sistem menggerakkan *heater* akuarium, *sprayer* kabut, dua pompa solenoid 12V untuk koreksi larutan pH dan nutrisi, serta motor servo MG90S sebagai mekanisme pemberi pakan otomatis, dengan dukungan *speaker* sebagai indikator alarm sistem. Seluruh perangkat ini terhubung ke aplikasi monitoring yang mendukung fitur pemantauan data serta kendali penyiraman dan pemberian pakan ikan, baik secara manual maupun otomatis berbasis kecerdasan buatan. Algoritma kecerdasan buatan yang diimplementasikan pada sistem ini menggunakan metode Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) yang bekerja dengan mengolah variabel data dari sensor yang digunakan sebagai parameter masukan untuk menentukan durasi aktivasi aktuator secara presisi, sehingga sistem mampu beradaptasi secara otomatis terhadap fluktuasi kondisi lingkungan air.

Tahap pelaksanaan inti dirancang dalam sebuah alur empat sesi yang mengalir secara sistematis. Sesi pertama difokuskan pada pemaparan materi melalui PPT mengenai edukasi ekosistem akuaponik, termasuk bedah tuntas kelebihan dan kekurangan sistem untuk memantik nalar kritis peserta. Sesi kedua merupakan diskusi interaktif mengenai tantangan pertanian lokal dan potensi digitalisasi agrikultur. Puncak kegiatan berada pada sesi ketiga berupa demonstrasi teknologi secara langsung, di mana tim menjelaskan fungsi setiap komponen mikrokontroler, sensor, dan aktuator yang digunakan. Dalam sesi ini, dipraktikkan pula penggunaan aplikasi untuk monitoring data kualitas air serta pengoperasian fitur penyiraman dan pemberian pakan dalam mode manual dan otomatis secara

transparan. Sebagai penutup, sesi keempat diisi dengan uji coba sistem di lapangan yang menjadi momen pembuktian konsep (*proof of concept*), dilanjutkan dengan diskusi teknis terkait logika kerja sistem otomatisasi.

Tabel 1. Indikator Ketercapaian Kegiatan

Indikator Deskriptif	Kriteria	Indikator Ketercapaian
Peserta mampu menganalisis logika kontrol otomatis pada aplikasi; memahami fungsi setiap komponen mikrokontroler, sensor, dan aktuator secara mendalam; mitra berkomitmen mengadopsi sistem secara mandiri.	Sangat Sukses	$\geq 91\%$ peserta aktif (≥ 39 orang)
Peserta antusias mengoperasikan fitur penyiraman dan pemberian pakan melalui aplikasi; memahami perbedaan mode manual dan otomatis; mampu mengidentifikasi kelebihan sistem akuaponik.	Sukses	76% – 90% peserta aktif (33 – 38 orang)
Peserta hanya memahami konsep dasar kelebihan dan kekurangan akuaponik; pertanyaan terbatas pada fungsi dasar sensor tanpa memahami peran aktuator; mitra bersifat pasif.	Cukup Sukses	51% – 75% peserta aktif (22 – 32 orang)
Partisipasi rendah; hanya memahami materi PPT secara umum tanpa ketertarikan pada demonstrasi aplikasi dan komponen elektronik.	Kurang Sukses	26% – 50% peserta aktif (11 – 21 orang)
Peserta pasif; tidak mampu membedakan komponen sensor dan aktuator; tidak menunjukkan ketertarikan pada sistem monitoring cerdas.	Tidak Sukses	$\leq 25\%$ peserta aktif (≤ 10 orang)

Sebagai tahap akhir, dilakukan evaluasi dan pendampingan untuk mengukur dampak serta memastikan keberlanjutan program. Mengingat format kegiatan yang bersifat intensif dan lebih mengutamakan keterlibatan praktis secara langsung, evaluasi tidak menggunakan instrumen tes formal atau kuesioner tertulis guna menjaga alur partisipasi aktif peserta serta menghindari tekanan psikologis yang dapat menghambat antusiasme belajar di lapangan. Sebagai gantinya, efektivitas pelatihan diukur melalui metode observasi partisipatif dan analisis kualitatif terhadap respon nyata peserta selama sesi demonstrasi dan uji coba berlangsung. Tingkat keberhasilan program secara sistematis dinilai menggunakan rubrik indikator kualitatif pada Tabel 1, yang mengukur efektivitas melalui tiga parameter utama: antusiasme dalam mengoperasikan aplikasi, pergeseran kualitas pertanyaan (dari pertanyaan faktual dasar menjadi pertanyaan prosedural/logika sistem), serta pernyataan komitmen mitra untuk melakukan replikasi inovasi secara mandiri. Sebagai bagian krusial dari pendampingan lanjutan, dilakukan sesi diskusi khusus dengan pihak sekolah dan komunitas untuk memberikan arahan teknis serta daftar rincian alat dan bahan yang dibutuhkan jika mereka ingin mereplikasi proyek akuaponik cerdas ini secara mandiri. Lebih lanjut, tim pengabdian juga membuka jalur komunikasi daring untuk memantau perkembangan sistem di lapangan, memfasilitasi diskusi teknis jika muncul kendala

operasional, dan memberikan dukungan teknis berkelanjutan guna memastikan keberlanjutan program secara jangka panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat bertajuk "Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Akuaponik Cerdas Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*" telah dilaksanakan dengan lancar di SMKN 10 Surabaya dan wilayah komunitas di Bangkalan. Kegiatan ini melibatkan partisipasi penuh dari 30 siswa-siswi kelas XII RPL beserta 13 petani dari Komunitas Inisiatif Bangkalan untuk mencapai hasil yang optimal. Uraian sistematis mengenai alur, hasil, dampak, dan rencana tindak lanjut dari kegiatan ini dipaparkan sebagai berikut.

Alur kegiatan diawali dengan sesi sosialisasi dan pengenalan teknologi melalui media *PowerPoint (PPT)*. Pada sesi ini, disampaikan materi edukatif mengenai ekosistem akuaponik cerdas, termasuk analisis mendalam mengenai kelebihan dan kekurangan sistem dibandingkan metode konvensional. Dari sesi ini terpetakan bahwa peserta menunjukkan tingkat keingintahuan yang tinggi, yang didukung oleh bukti kuantitatif berupa keterlibatan aktif dari 81,4% peserta (35 dari 43 orang) yang secara konsisten berpartisipasi dalam setiap termin diskusi dan praktik. Perbandingan hasil sebelum dan sesudah program diidentifikasi melalui kedalaman respon peserta; pada tahap awal, pemahaman mengenai integrasi sensor dan aktuator masih sangat terbatas. Hal ini tercermin dari munculnya pertanyaan-pertanyaan mendasar seperti, "Bagaimana alat ini bekerja tanpa tanah?" atau "Apakah sistem ini tetap berjalan jika koneksi internet terputus?". Namun, pasca-intervensi melalui sosialisasi dan demonstrasi, terjadi peningkatan literasi yang signifikan di mana pertanyaan peserta berkembang dari taraf faktual menjadi lebih teknis dan prosedural terkait manajemen pakan berbasis data serta logika kerja sistem otomatisasi.



Gambar 1. Proses Pemaparan Materi mengenai Kelebihan dan Kekurangan Sistem Akuaponik

Langkah kunci berikutnya dalam alur kegiatan adalah sesi demonstrasi perakitan dan pengoperasian teknologi secara langsung. Tim pengabdian menjelaskan fungsi setiap komponen mikrokontroler, berbagai unit sensor, hingga aktuator yang digunakan berdasarkan hasil riset (Endriantono et al, 2026) di hadapan seluruh peserta untuk memberikan pemahaman visual mengenai proses rekayasa dari awal hingga akhir. Sesi ini berdampak langsung pada penguatan kompetensi teknis dan proses berpikir kritis peserta, di mana program ini berhasil membekali mitra dengan pemahaman mengenai mekanisme sinkronisasi data sensor ke unit aktuator serta prosedur pemeliharaan sistem digital agar tetap akurat. Pengaruh signifikan ini terlihat dari transisi jenis pertanyaan yang diajukan; pertanyaan yang semula bersifat mendasar berkembang menjadi lebih konseptual dan prosedural, seperti "Bagaimana logika mikrokontroler mengatur pompa secara otomatis?" atau "Apakah sensor pH ini memerlukan kalibrasi rutin agar datanya tetap akurat?". Melalui interaksi ini, peserta tidak hanya memahami teori, tetapi juga memperoleh gambaran praktis tentang instalasi komponen dan manajemen agrikultur berbasis data yang menjadi inti dari teknologi *smart farming*.



Gambar 2. Demonstrasi Komponen Mikrokontroler, Sensor, dan Aktuator Sistem Akuaponik

Puncak dari rangkaian kegiatan terjadi saat uji coba aplikasi monitoring akuaponik cerdas. Keberhasilan sistem dalam melakukan penyiraman dan pemberian pakan ikan secara otomatis maupun manual melalui aplikasi disambut dengan respons positif dari seluruh peserta, menjadi bukti nyata bahwa konsep abstrak mengenai *AI* dan *IoT* berhasil diwujudkan secara konkret. Momen ini memberikan dampak afektif yang signifikan, di mana keberhasilan demonstrasi secara efektif meningkatkan motivasi siswa RPL untuk mendalami rekayasa perangkat lunak agrikultur serta meyakinkan petani Bangkalan akan efisiensi manajemen pakan berbasis data.



Gambar 3. Uji Coba Aplikasi Monitoring dengan Fitur Pakan dan Penyiraman Otomatis

Berdasarkan observasi langsung dan analisis kualitatif, program ini dinilai mencapai kategori “Sukses”. Bukti mendalam yang mendukung klaim kesuksesan ini terlihat dari keterlibatan aktif 35 peserta yang tidak hanya hadir, tetapi mampu mendemonstrasikan penguasaan teknis pada instalasi sensor dan pengoperasian fitur kontrol otomatis pada aplikasi. Persentase peserta aktif tersebut sebesar 81,4%, yang dihitung secara akurat berdasarkan rasio 35 peserta yang memenuhi kriteria keterlibatan terhadap total 43 peserta (30 siswa dan 13 petani) yang mengikuti program. Capaian ini secara eksplisit memenuhi indikator “Sukses” yang telah ditetapkan pada Tabel 1, yakni berada pada rentang ambang batas 76%–90% peserta aktif (33–38 orang). Selain data kuantitatif tersebut, efektivitas program diperkuat oleh munculnya diskusi teknis mengenai rencana replikasi sistem secara mandiri oleh para guru di SMKN 10 Surabaya serta petani di Komunitas Inisiatif Bangkalan, yang mempertegas peluang keberlanjutan program di masa depan.

Selama sesi berlangsung, metode demonstrasi langsung terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta terhadap prinsip kerja akuaponik cerdas. Bukti nyata yang mendukung klaim tersebut tercermin dari pergeseran signifikan pada kualitas interaksi peserta, di mana pertanyaan yang semula bersifat faktual dasar bertransformasi menjadi pertanyaan teknis terkait proses rekayasa sistem otomatisasi. Hal ini terlihat saat peserta mulai mengkritisi logika mikrokontroler dalam menggerakkan aktuator secara otomatis serta mendalami prosedur kalibrasi instrumen sensor guna menjaga validitas data dalam jangka panjang. Selain itu, antusiasme untuk mereplikasi sistem melalui permintaan daftar rincian alat, bahan teknis, dan referensi pengadaan sensor oleh guru serta petani menjadi indikator

Pelatihan pemanfaatan teknologi akuaponik cerdas berbasis *artificial intelligence* dan *internet of things* di SMKN 10 Surabaya dan Komunitas Inisiatif Bangkalan

perilaku (*behavioral evidence*) bahwa peserta telah melampaui tahap pemahaman konseptual menuju kesiapan implementasi mandiri. Fenomena ini menunjukkan adanya potensi keberlanjutan program melalui pengembangan modul praktikum mandiri di sekolah maupun lahan komunitas di masa mendatang.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya berhasil dalam menyampaikan materi edukatif tentang teknologi akuaponik, tetapi juga memberikan pengalaman praktis yang mendorong keterlibatan aktif peserta dalam ekosistem digital. Hal ini menjadi dasar awal yang valid untuk mengembangkan pendekatan serupa dalam membangun literasi pangan dan inovasi teknologi cerdas di tingkat sekolah menengah kejuruan maupun komunitas petani lokal.

SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berupa demonstrasi teknologi akuaponik cerdas telah terlaksana dengan sangat baik dan mendapatkan respons positif yang luar biasa dari siswa di SMKN 10 Surabaya maupun petani di Komunitas Inisiatif Bangkalan. Antusiasme peserta yang tinggi, terutama selama sesi perakitan komponen sensor serta pengoperasian fitur kontrol otomatis, membuktikan bahwa metode demonstrasi visual sangat efektif untuk meningkatkan minat dan pemahaman awal mengenai teknologi pertanian presisi berbasis *AI* dan *IoT*. Meskipun demikian, kekurangan utama dari kegiatan ini mencakup durasi waktu yang terbatas sehingga belum memungkinkan adanya keterlibatan dalam pengamatan pertumbuhan biologis secara lengkap serta adanya keterbatasan jumlah perangkat praktikum yang belum sebanding dengan total audiens untuk praktik langsung secara individual. Selain itu, ketergantungan pada stabilitas infrastruktur jaringan internet di lokasi mitra rural juga menjadi tantangan teknis tambahan dalam menjaga kontinuitas data monitoring secara *real-time*.

Oleh karena itu, pengembangan program selanjutnya sangat potensial untuk diarahkan menjadi lokakarya berbasis proyek (*Project-Based Learning*) yang lebih mendalam melalui pengembangan platform komputasi awan (*cloud*) sebagai media kolaborasi antara pengembang sistem dan praktisi lapangan. Rekomendasi untuk implementasi program serupa di sekolah atau komunitas lain mencakup integrasi kurikulum P5 secara berkelanjutan serta penyediaan modul pembelajaran berbiaya rendah yang dapat diakses secara mandiri melalui skema kemitraan lintas sektoral. Keberlanjutan program juga dapat diperkuat dengan menyebarkan metode ini melalui forum Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) guna memberikan dampak jangka panjang bagi institusi mitra berupa penguatan kurikulum berbasis industri serta peningkatan efisiensi operasional bagi kelompok tani melalui manajemen pakan berbasis data. Dampak jangka panjang ini diharapkan mampu menciptakan ekosistem inovasi pangan yang mandiri dan berkelanjutan di masa mendatang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada peserta didik, kepala sekolah, dan guru-guru di SMKN 10 Surabaya, Komunitas Inisiatif Bangkalan, Direktorat Humas Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS), serta kepada pihak-pihak yang telah membantu terselenggaranya kegiatan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arsita, S. A., Saputra, G. E., & Susanto, S. (2021). Perkembangan Kebijakan Energi Nasional dan Energi Baru Terbarukan Indonesia. *Jurnal Syntax Transformation*, 2(12), 1779–1788. <https://doi.org/10.46799/jst.v2i12.473>
- Diana, A., Mirochina, C., & Badrudin, B. (2024). Implementasi Kurikulum Merdeka Melalui Pembelajaran P5 (Projek Penguatan Profil Pelajar Pancasila) Dengan Tema Suara Demokrasi Pada Kelas XII SMK Bhakti Nusantara 666. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(18), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.13855239>.
- Dwiyatno, S., Krisnaningsih, E., Sulistiyono, Wahyuningrum, R.W & Juniarti, A. D. (2022). Peningkatan Kompetensi Guru Pesantren Melalui Pendampingan Pembuatan Buku Ajar Kreatif Dan Inovatif. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(6), 1641–1651.

Pelatihan pemanfaatan teknologi akuaponik cerdas berbasis *artificial intelligence* dan *internet of things* di SMKN 10 Surabaya dan Komunitas Inisiatif Bangkalan

- <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v6i6.11633>
- Endriantono, D. O., Junianto, S., Ridwan, M. K., Febecca, D., & Sudaryono, V. (2026). Pembuatan Perangkat Portabel Berbasis Mikrokontroller System on Chip Terintegrasi Android Sebagai Pendeteksi Kesuburan Tanaman dan Pakan Ikan Otomatis pada Sistem Akuaponik. *ROTASI*, 28(1), 17–24. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/rotasi.28.1.17-24>
- Endriantono, D. O., Mahardhika, Y. M., & Habibi, M. N. (2025). Pelatihan pemanfaatan panel surya untuk teknologi di SMP Negeri 3 Kediri. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 9(5), 3334–3340. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/jpmb.v9i5.33750>
- Hermawan, L. T., & Prabhawati, A. (2024). Implementasi Just Energy Transition Partnership Indonesia menuju Net Zero Emissions tahun 2060. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 5(3), 28–38. <https://doi.org/10.14710/jebt.2024.24161>
- Hikmawati, H., Zulfan, Z., & Aminah, S. (2023). Pemanfaatan Alat Peraga Sederhana untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep IPA Siswa Kelas IV SD Negeri Beber. *Unram Journal of Community Service*, 4(1), 11–17. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v4i1.392>
- Kurniawan, T., Abdurrahman, A., & Rosidin, U. (2024). Implementasi Pembelajaran STEM Berbasis Education for Sustainable Development pada Topik Energi Terbarukan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Sistem. *Journal of Teaching and Learning in Physics*, 9(1), 12–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/jotalp.v9i1.28763>
- Latukau, M. (2023). Penggunaan Alat Peraga Untuk Meningkatkan Pemahaman Sains Siswa Kelas V Sd Negeri 1 Lolobata Kabupaten Halmahera Timur Tahun 2023 Munir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(23), 957–963. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10429721>
- Lokot Muda Harahap, Tiarasi Gloria Pakpahan, Ratri Aulia Wijaya, & A. Z. N. (2024). Dampak Transformasi Digital pada Agribisnis : Tantangan dan Peluang bagi Petani di Indonesia. *Botani : Publikasi Ilmu Tanaman Dan Agribisnis*, 1(2), 99–108. <https://doi.org/doi.org/10.62951/botani.v1i2.55>
- Mayasari, F., Samman, F., Muslimin, Z., Waris, T., Dewiani, D., Salam, A. E., Gunadin, I., Areni, I., Akil, Y., Sahali, I., & Arief, A. (2022). Pengenalan Panel Surya sebagai Salah Satu Sumber Energi Terbarukan untuk Pembelajaran di SMA Negeri 1 Takalar. *JURNAL TEPAT : Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 147–159. https://doi.org/https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v5i2.271
- Nasir, M. N., & Bengi, K. S. (2024). The energy mix dilemma in Indonesia in achieving net zero emissions by 2060. *ASEAN Natural Disaster Mitigation and Education Journal*, 2(1), 99–113. <https://doi.org/10.61511/andmej.v2i1.2024.951>
- Rizky, L., Pratiwi, T. S., Wibawa, A., & Achdiyana, I. (2023). Peran Negara G20 dalam Percepatan Transisi Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 29(3), 271–290. <https://doi.org/10.22146/jkn.88751>
- Rosa, S. L., Sapitri., Hidayati, U., & Barokah, O. Y. (2022). Penerapan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) Pada Pendidikan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan*, 3(2), 7–13. <https://doi.org/10.25299/jpmpip.2022.10702>
- Waruwu, D., Lase, R., Zega, Y., & Mendrofa, R. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran PjBL (Project Based Learning) Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa. *Jurnal Cendekia : Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(1), 117–128. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v8i1.2941>
- Wati, P., Nusantara, T., & Utama, C. (2024). Efektivitas PjBL-STEM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Motivasi Belajar Siswa Sekolah Dasar. *Cetta: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 7(2), 126–143. <https://doi.org/10.37329/cetta.v7i2.3264>