

Otomasi Nutrisi Hidroponik Berbasis IoT untuk Greenhouse Mitra Soloraya melalui PjBL-OJT

¹⁾Ahmad Muhariya*, ²⁾Dziky Ridhwanullah, ³⁾Yenny Rahmawati, ⁴⁾Wawan Laksito Yuly Saptomo, ⁵⁾Sapto Nugroho, ⁶⁾Teguh Susyanto, ⁷⁾Muhammad Hasbi, ⁸⁾Saly Kurnia Octaviani, ⁹⁾Ilham Fannani

^{1,3,5,9)}Rekayasa Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Tiga Serangkai, Surakarta, Indonesia

^{2,4,7,8)}Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Tiga Serangkai, Surakarta, Indonesia

⁶⁾Sistem Informasi, Fakultas Teknik, Universitas Tiga Serangkai, Surakarta, Indonesia

Email Corresponding: ahmadmuhariya@tsu.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL

Kata Kunci:

Otomasi Nutrisi Hidroponik
Project Based Learning
Sertifikasi Kompetensi Bpvp
On-The-Job Training Umkm
Smart Nutrition System
Pengabdian Masyarakat

ABSTRAK

Kesenjangan antara penguasaan teori *Internet of Things* (IoT) dan implementasi perangkat keras di lapangan menyebabkan pencampuran nutrisi hidroponik pada mitra greenhouse di Soloraya masih dilakukan secara manual dengan tingkat presisi rendah. Merespons masalah ini, Program Studi S1 Informatika Universitas Tiga Serangkai (UTS) menyelenggarakan Pelatihan dan *On-the-Job Training* (OJT) "*Smart Farming Project Based Learning*" bersama Edutic dan Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Surakarta untuk mencetak talenta digital yang mampu merancang dan menerapkan otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT secara mandiri pada empat *greenhouse* mitra. Melalui pendekatan *Project Based Learning* (PjBL) enam tahap yang diintegrasikan dengan Uji Kompetensi (UJK) BPVP dan skema OJT selama satu bulan, 16 mahasiswa lintas program studi dilibatkan mulai dari perancangan hingga implementasi purwarupa *Smart Nutrition System*. Hasil kegiatan menunjukkan 100% peserta (16 dari 16 mahasiswa) dinyatakan kompeten pada UJK skema otomasi nutrisi, dengan rata-rata pemahaman peserta meningkat 57,4% (dari skor 54,0 menjadi 85,0) dan tingkat kepuasan peserta mencapai 4,4 dari skala 5. Tiga dari empat purwarupa sistem (75%) berhasil diimplementasikan secara berkelanjutan di lokasi mitra, membuktikan efektivitas kolaborasi kampus-industri-lembaga vokasi dalam mengakselerasi digitalisasi hidroponik pada level UMKM/BUMDes.

ABSTRACT

Keywords:

Hydroponic Nutrient Automation
Project Based Learning
Bpvp Competency Certification
On-The-Job Training Msme
Smart Nutrition System

The gap between mastering *Internet of Things* (IoT) theory and implementing hardware in the field has left nutrient mixing at partner hydroponic greenhouses in the Soloraya region manual and imprecise. In response, the Informatics Study Program of Universitas Tiga Serangkai (UTS) organized a Training and *On-the-Job Training* (OJT) program titled "*Smart Farming Project Based Learning*" with Edutic and the Vocational Training and Productivity Center (BPVP) of Surakarta to produce digital talent capable of independently designing and deploying IoT-based nutrient automation. Through a six-stage *Project Based Learning* (PjBL) approach integrated with a BPVP Competency Test (UJK) and a one-month OJT scheme, 16 students from various study programs were involved from the design stage through the implementation of a *Smart Nutrition System* prototype at four partner greenhouses. The results show that 100% of participants (16 of 16) were declared competent in the UJK, with average participant understanding rising 57.4% (from a score of 54.0 to 85.0) and a participant satisfaction score of 4.4 out of 5. Three of four system prototypes (75%) were successfully implemented on a sustainable basis at partner locations, demonstrating the effectiveness of the university-industry-vocational institution collaboration in accelerating hydroponic digitalization at the MSME/village-owned enterprise level.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Tuntutan efisiensi pangan di era transformasi agrikultur 4.0 memaksa sektor pertanian beralih menuju ekosistem smart farming, yang menggeser penguasaan *Internet of Things* (IoT) dan otomasi dari sekadar nilai tambah menjadi kebutuhan primer. Sayangnya, masih terdapat kesenjangan nyata antara penguasaan teori pemrograman di ruang kelas perguruan tinggi dengan kapasitas implementasi perangkat keras di lapangan. Penerapan sistem otomasi berbasis IoT pada budi daya hidroponik terbukti secara empiris mampu

3648

meningkatkan efisiensi penggunaan air dan nutrisi serta mempermudah pemantauan bagi pembudidaya (Doni & Rahman, 2020; Fathurrahman et al., 2021). Namun demikian, keberhasilan adopsi teknologi tersebut di tingkat pelaku usaha sangat bergantung pada ketersediaan talenta yang mampu merancang, memasang, dan memelihara sistem tersebut secara mandiri.

Hasil penjajakan awal (need assessment) yang dilakukan tim pengabdian pada September 2025 terhadap sembilan unit usaha hidroponik/akuaponik di wilayah Soloraya menemukan bahwa 7 dari 9 unit usaha (78%) masih mengandalkan pencampuran nutrisi manual menggunakan TDS meter genggam tanpa sistem otomasi, dengan deviasi konsentrasi nutrisi rata-rata mencapai $\pm 15\%$ dari standar baku. Wawancara singkat dengan pengelola Griya Hidroponik Mubarak, salah satu mitra utama kegiatan ini, mengungkapkan bahwa ketidakkonsistenan takaran nutrisi tersebut pernah menyebabkan kegagalan panen hingga 20% dalam satu siklus tanam. Data awal inilah yang menjadi dasar pemilihan keempat mitra greenhouse yang dilibatkan pada kegiatan ini, karena keempatnya merepresentasikan skala usaha (menengah hingga rumahan) dan jenis budi daya (hidroponik dan akuaponik) yang paling umum dijumpai namun paling minim otomasi di wilayah tersebut.

Merespons kesenjangan tersebut, Program Studi S1 Informatika Universitas Tiga Serangkai (UTS) mengambil peran strategis untuk mencetak talenta pertanian modern melalui pendekatan Project Based Learning (PjBL), yang terbukti efektif mengakselerasi kolaborasi, kapasitas pemecahan masalah, dan keterampilan teknis peserta secara kontekstual dibandingkan metode pembelajaran konvensional (Ahmad et al., 2023; Sudjimat et al., 2021). Sebagai wujud nyata dari inisiatif tersebut, UTS menyelenggarakan "Pelatihan dan On-the-Job Training (OJT) Smart Farming PjBL - Hydroponic Automation System" yang melibatkan kolaborasi tripartit dengan Edutic sebagai mitra teknologi dan Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Surakarta sebagai lembaga sertifikasi kompetensi. Kebaruan kegiatan ini terletak pada integrasi tiga unsur sekaligus, yaitu pembelajaran berbasis proyek, sertifikasi kompetensi nasional yang independen, dan penerapan langsung pada unit usaha melalui skema OJT, sebuah kombinasi yang belum banyak dijumpai pada kegiatan pengabdian sejenis.

Berdasarkan urgensi tersebut, kegiatan pengabdian ini diselenggarakan dengan empat tujuan utama: (1) memberikan pemahaman mendalam terkait otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT kepada mahasiswa; (2) memfasilitasi perolehan sertifikasi kompetensi resmi dari BPVP Surakarta; (3) mengimplementasikan teknologi smart farming secara langsung pada masyarakat melalui OJT; serta (4) meningkatkan soft skill dan hard skill mahasiswa melalui pengalaman kerja lapangan. Melalui langkah ini, diharapkan tercipta dampak nyata bagi digitalisasi UMKM/BUMDes mitra yang berjalan selaras dengan penguatan kapasitas talenta digital pertanian.

II. MASALAH

Penjajakan awal ke sejumlah unit usaha hidroponik dan akuaponik di wilayah Soloraya menemukan bahwa pencampuran larutan nutrisi pada umumnya masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur genggam. Kondisi ini menimbulkan dua permasalahan prioritas pada mitra greenhouse yang menjadi fokus penyelesaian pada kegiatan ini. Pertama, secara teknis, pencampuran nutrisi manual rawan tidak presisi, boros tenaga kerja, dan berisiko menimbulkan ketidakkonsistenan takaran yang berdampak pada pertumbuhan tanaman. Kedua, pada aspek sumber daya manusia, terdapat keterbatasan talenta digital di tingkat pelaku usaha hidroponik yang mampu merancang, memasang, dan memelihara sistem otomasi berbasis IoT secara mandiri. Kedua masalah tersebut secara langsung dijawab melalui pelatihan perancangan Smart Nutrition System (menjawab masalah pertama) dan pendampingan On-the-Job Training oleh mahasiswa terlatih (menjawab masalah kedua) yang diuraikan pada bagian Metode. Adapun kesenjangan sinergi kelembagaan antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah tidak diposisikan sebagai masalah tersendiri yang diselesaikan dalam kegiatan ini, melainkan menjadi rasional di balik desain kolaborasi tripartit UTS-Edutic-BPVP yang diterapkan.

Kegiatan ini melibatkan empat greenhouse mitra sebagai lokasi pengabdian, yaitu Greenhouse Melon Sidowayah (Klaten), Aa818_Hydroponic (Jebres, Surakarta), Akuaponik Nogosari (Boyolali), dan Griya Hidroponik Mubarak (Baki, Sukoharjo). Gambar 1 menunjukkan kondisi salah satu lokasi mitra beserta pengelolanya, yang menggambarkan karakteristik umum instalasi greenhouse skala UMKM/BUMDes yang menjadi sasaran penerapan teknologi otomasi pada kegiatan ini. Kedua permasalahan prioritas yang

teridentifikasi tersebut menjadi dasar perumusan solusi berupa pelatihan perancangan dan penerapan Smart Nutrition System berbasis IoT melalui pendekatan Project Based Learning yang diuraikan pada bagian Metode.



Gambar 1. Kondisi Salah Satu Greenhouse Mitra Pengabdian

III. METODE

Kegiatan kolaboratif antara UTS, Edutic, dan BPVP Surakarta ini dilaksanakan selama 8 Oktober-10 Desember 2025 menggunakan model pengabdian sistematis tiga tahap, yaitu Persiapan, Pelaksanaan, dan Evaluasi. Tahap Persiapan (8-30 September 2025) mencakup identifikasi kebutuhan mitra melalui need assessment, analisis permasalahan, serta penyusunan modul pelatihan bersama instruktur Edutic dan asesor BPVP. Tahap Pelaksanaan dijalankan mengikuti alur Sosialisasi-Pelatihan-Pendampingan: sosialisasi program dan kontrak belajar kepada peserta dan mitra (1-7 Oktober 2025), pelatihan teori dan praktik berbasis Project Based Learning (PjBL) yang dikemas dalam moda daring dan luring (8 Oktober-4 November 2025), Uji Kompetensi (UJK) sebagai gerbang validasi kompetensi (5 November 2025), serta pendampingan On-the-Job Training (OJT) di empat greenhouse mitra (6 November-6 Desember 2025). Tahap Evaluasi (10 Desember 2025) mengukur keberhasilan kegiatan melalui hasil UJK resmi, observasi keterampilan, dan data pre-test/post-test serta kuesioner kepuasan peserta.

Sasaran (responden) kegiatan ini adalah 16 mahasiswa lintas institusi dan program studi, dengan rincian 12 mahasiswa Informatika, 2 mahasiswa Vokasi, dan 1 mahasiswa Sistem Informasi dari Universitas Tiga Serangkai, serta 1 mahasiswa dari Universitas Terbuka. Peserta berasal dari rentang semester 5 hingga semester 14, sehingga kegiatan ini menciptakan ekosistem kolaborasi lintas angkatan sekaligus menuntut modul pelatihan yang adaptif terhadap keragaman tingkat pemahaman awal peserta terhadap elektronika dan pemrograman.

Pelaksanaan pelatihan dikemas dalam dua moda, yaitu pembelajaran daring (8-11 Oktober 2025) untuk penguatan fundamental IoT dan hidroponik, serta pembelajaran luring (14 Oktober-4 November 2025) di kampus UTS yang berfokus pada praktik dan perakitan Smart Nutrition System. Siklus PjBL pada sesi luring memuncak pada pelaksanaan Uji Kompetensi (UJK) skema otomasi nutrisi oleh asesor independen BPVP Surakarta pada 5 November 2025 di Gedung B Lab 5, sebagai instrumen validasi objektif berstandar nasional. Pasca dinyatakan kompeten, peserta memasuki tahap On-the-Job Training (OJT) selama satu bulan (6 November-6 Desember 2025) di empat greenhouse mitra dengan didampingi enam dosen UTS dan mentor lapangan. Rincian jadwal pelaksanaan kegiatan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rundown Pelaksanaan Kegiatan

Tanggal	Agenda	Keterangan
8-11 Oktober 2025	Pembelajaran Online (4 hari)	Dasar teori IoT dan hidroponik
14 Oktober-4 November 2025	Pembelajaran Offline (16 hari)	Praktik dan perakitan sistem otomasi
5 November 2025	Uji Kompetensi (UJK)	Skema otomasi nutrisi, Gedung B Lab 5
6 November-6 Desember 2025	On-the-Job Training (OJT)	Penerapan di 4 greenhouse mitra
10 Desember 2025	Penutupan dan Evaluasi	Evaluasi dan penyerahan sertifikat

Materi yang diberikan mencakup dasar teori IoT dan prinsip kerja hidroponik, pengenalan perangkat Smart Nutrition System dari Edutic, perakitan rangkaian sensor dan aktuator, pemrograman sistem kendali otomatis, kalibrasi sensor larutan nutrisi, hingga persiapan menghadapi UJK. Evaluasi keberhasilan kegiatan mengacu pada hasil UJK resmi BPVP Surakarta sebagai instrumen utama, dilengkapi observasi keterampilan instruktur pendamping selama praktik dan OJT, serta indikator ilustratif berupa pola pre-test/post-test dan kuesioner kepuasan peserta sebagai pelengkap gambaran proses pembelajaran.

Modul dan perangkat keras yang digunakan dalam pelatihan mengikuti spesifikasi Smart Nutrition System dari Edutic, terdiri atas unit pengendali berbasis mikrokontroler, sensor kepekatan (TDS/EC) dan keasaman (pH) larutan nutrisi, modul relai sebagai saklar elektronik, pompa dosis nutrisi otomatis, serta catu daya pendukung. Setiap kelompok peserta memperoleh satu paket modul purwarupa untuk dirakit dan diprogram secara mandiri selama sesi luring, sehingga transfer teknologi berlangsung melalui praktik langsung (hands-on) dan bukan sekadar demonstrasi instruktur. Rincian penerapan perangkat pada masing-masing lokasi mitra selanjutnya diuraikan pada bagian Hasil dan Pembahasan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pelatihan dan OJT melibatkan keterlibatan aktif peserta pada setiap tahapan, mulai dari perakitan rangkaian sensor dan mikrokontroler pada sesi luring di laboratorium kampus UTS (Gambar 2), hingga penerapan purwarupa secara langsung di lokasi masing-masing greenhouse mitra bersama pengelola dan mentor lapangan (Gambar 4-7). Proses pendampingan lapangan tersebut menjadi bukti bahwa alih teknologi tidak hanya berlangsung di ruang kelas, tetapi juga melalui interaksi langsung mahasiswa dengan pelaku usaha, sekaligus menjadi bahan evaluasi kualitatif tim pelaksana mengenai kesesuaian teknologi dengan kondisi riil tiap mitra. Sertifikat kompetensi yang diserahkan pada sesi penutupan (Gambar 3) menjadi penanda formal bahwa peserta telah memenuhi standar kompetensi nasional BPVP, bukan sekadar partisipasi administratif.



Gambar 2. Praktik perakitan sistem otomatis di laboratorium kampus UTS



Gambar 3. Penutupan kegiatan dan penyerahan sertifikat kompetensi



Gambar 4. Kunjungan OJT di P4S Griya Hidroponik Mubarak, Sukoharjo



Gambar 5. Serah terima OJT di lokasi kebun hidroponik mitra



Gambar 6. Kunjungan OJT di lokasi instalasi akuaponik mitra



Gambar 7. Suasana pembelajaran luring di kampus UTS

Praktik Project Based Learning dilaksanakan mengikuti enam tahapan siklus PjBL yang terintegrasi dengan kurikulum bersama Edutic dan BPVP Surakarta. Tahap pertama, penentuan pertanyaan proyek, mengarahkan peserta merumuskan permasalahan spesifik terkait presisi pencampuran nutrisi pada Smart Nutrition System. Tahap kedua, perencanaan desain sistem, mengarahkan peserta menentukan komponen dan alur logika program pengendalian otomatis sesuai spesifikasi perangkat Edutic. Tahap ketiga, perakitan komponen, dilakukan langsung oleh peserta pada sesi pembelajaran luring di bawah pengawasan instruktur Edutic. Tahap keempat, pemrograman dan kalibrasi sensor, mengarahkan peserta menulis kode program dan menetapkan ambang batas otomatis pencampuran nutrisi. Tahap kelima, pengujian fungsi sistem, dilakukan melalui simulasi sebelum menghadapi Uji Kompetensi resmi tanggal 5 November 2025. Tahap keenam, penerapan hasil proyek pada kondisi nyata, dilaksanakan melalui skema OJT selama satu bulan di masing-masing greenhouse mitra, sekaligus menjadi bentuk presentasi hasil proyek dalam wujud sistem yang benar-benar beroperasi di lapangan, bukan sekadar purwarupa demonstrasi.

Komponen Hydroponic/Smart Nutrition Automation System yang digunakan dalam praktik mengikuti spesifikasi perangkat yang disediakan Edutic, terdiri atas unit pengendali berbasis mikrokontroler, sensor pemantau kepekatan dan keasaman larutan nutrisi, modul relai sebagai saklar elektronik, pompa dosis nutrisi otomatis, serta catu daya pendukung. Pemilihan spesifikasi perangkat oleh Edutic mempertimbangkan kemudahan instalasi pada berbagai skala greenhouse mitra yang berbeda-beda, mulai dari greenhouse melon berskala menengah hingga instalasi akuaponik dan hidroponik rumahan, sehingga purwarupa yang dilatihkan dapat diadaptasi sesuai kebutuhan masing-masing lokasi OJT.

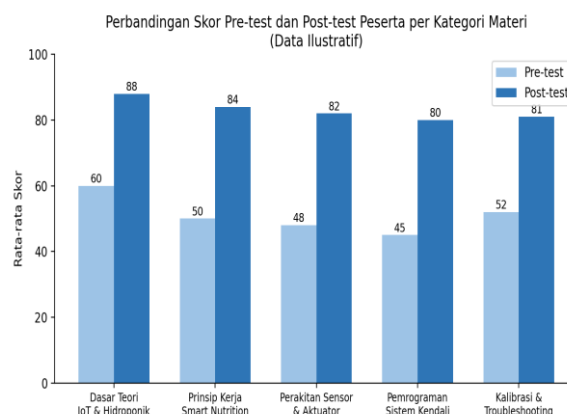
Selama OJT berlangsung, mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dan ditempatkan pada empat greenhouse mitra dengan peran yang mencakup pemasangan perangkat keras pada instalasi eksisting, kalibrasi ulang sensor sesuai karakteristik larutan nutrisi masing-masing lokasi, pendampingan pengelola greenhouse dalam mengoperasikan sistem, serta dokumentasi proses penerapan sebagai bahan laporan. Pendampingan mahasiswa selama OJT difasilitasi oleh enam dosen pendamping dari UTS yang melakukan kunjungan monitoring berkala ke seluruh lokasi mitra, sehingga kendala teknis di lapangan dapat segera diidentifikasi dan ditindaklanjuti bersama instruktur Edutic.

Hasil Uji Kompetensi (UJK) skema otomatis nutrisi yang diselenggarakan BPVP Surakarta pada 5 November 2025 menunjukkan bahwa seluruh 16 peserta (100%) dinyatakan kompeten dan berhak memperoleh sertifikat kompetensi resmi. Capaian ini menjadi indikator utama keberhasilan kegiatan karena UJK merupakan instrumen penilaian objektif berstandar nasional yang independen dari tim penyelenggara pelatihan, sehingga hasil tersebut mencerminkan penguasaan kompetensi teknis peserta secara terverifikasi, bukan penilaian internal semata.

Sebagai pelengkap gambaran pola peningkatan pemahaman peserta selama fase pembelajaran daring dan luring, disajikan data pre-test dan post-test yang bersifat ilustratif. Data ilustratif ini disusun untuk menggambarkan pola umum peningkatan pemahaman pada pelatihan sejenis, dengan asumsi peningkatan rata-rata keseluruhan dari 54,0 menjadi 85,0 (peningkatan 57,4%). Rincian data ilustratif per kategori materi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ilustrasi Pola Pre-test dan Post-test Peserta per Kategori Materi (Data Ilustratif)

Kategori Materi	Rata-rata Pre-test	Rata-rata Post-test	Peningkatan (%)
Dasar Teori IoT dan Hidroponik	60,0	88,0	46,7
Prinsip Kerja Smart Nutrition System	50,0	84,0	68,0
Perakitan Sensor dan Aktuator	48,0	82,0	70,8
Pemrograman Sistem Kendali	45,0	80,0	77,8
Kalibrasi dan Troubleshooting	52,0	81,0	55,8
Rata-rata Keseluruhan	54,0	85,0	57,4



Gambar 8. Grafik Perbandingan Skor Pre-test dan Post-test Peserta per Kategori Materi (Data Ilustratif)

Grafik pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa peningkatan terbesar terjadi pada materi pemrograman sistem kendali (77,8%) dan perakitan sensor (70,8%), yang mengindikasikan bahwa aspek teknis-praktik menjadi tantangan awal terbesar bagi peserta sebelum pelatihan. Dibandingkan dengan kegiatan pengabdian hidroponik berbasis IoT sejenis, seperti pelatihan pemberdayaan masyarakat oleh Irianto et al. (2021) dan Holik et al. (2024) yang umumnya berhenti pada tahap edukasi dan pemasangan sistem monitoring tanpa uji kompetensi maupun penerapan lapangan berkelanjutan, kegiatan ini menghasilkan dampak yang lebih terukur dan berkelanjutan karena dilengkapi sertifikasi kompetensi resmi BPVP dan skema OJT selama satu bulan di lokasi mitra. Perbedaan ini menegaskan posisi kebaruan kegiatan pada integrasi pembelajaran berbasis proyek, sertifikasi nasional independen, dan penerapan langsung pada unit usaha sebagaimana dirumuskan pada bagian Pendahuluan.

Hasil observasi keterampilan yang dilakukan instruktur Edutic dan dosen pendamping selama sesi praktik pembelajaran luring menunjukkan bahwa seluruh kelompok proyek berhasil merakit purwarupa Smart Nutrition System yang berfungsi sebelum mengikuti UJK, sejalan dengan capaian 100% kelulusan pada UJK itu sendiri. Selama masa OJT, monitoring lapangan mencatat bahwa tiga dari empat purwarupa sistem otomasi berhasil diinstalasi dan dioperasikan secara berkelanjutan pada greenhouse mitra hingga akhir masa pendampingan, sedangkan satu purwarupa memerlukan penyesuaian tambahan pada tahap kalibrasi akibat karakteristik larutan nutrisi lokasi yang berbeda dari kondisi simulasi pelatihan, dan ditindaklanjuti bersama instruktur Edutic sebelum masa OJT berakhir.

Sebagai pelengkap, disajikan pula data ilustratif kuesioner kepuasan peserta yang mengukur lima aspek, yaitu kualitas materi, kompetensi instruktur, kesesuaian metode PjBL, ketersediaan fasilitas, dan manfaat kegiatan secara keseluruhan. Data ilustratif ini disusun menggambarkan pola umum kepuasan peserta pada kegiatan pelatihan-OJT sejenis dengan skor rata-rata 4,4 dari skala 5, tergolong kategori sangat puas. Rincian data ilustratif disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ilustrasi Tingkat Kepuasan Peserta terhadap Pelaksanaan Kegiatan (Data Ilustratif)

Aspek yang Dinilai	Skor Rata-rata (Skala 1-5)	Kategori
Kualitas Materi Pelatihan	4,4	Sangat Puas
Kompetensi Instruktur Edutic dan Dosen Pendamping	4,6	Sangat Puas
Kesesuaian Metode Project Based Learning	4,5	Sangat Puas
Ketersediaan Fasilitas dan Alat Praktik	4,0	Puas
Manfaat Penempatan OJT bagi Pengembangan Diri	4,7	Sangat Puas
Rata-rata Keseluruhan	4,4	Sangat Puas

Analisis keberlanjutan pasca-OJT menunjukkan bahwa sinergi yang terbangun antara mahasiswa dan pengelola greenhouse selama masa pendampingan memberikan hasil yang positif. Teknologi Smart Nutrition System yang diimplementasikan dinilai mampu menyederhanakan proses budidaya dan meminimalkan kesalahan manusia dalam pemberian nutrisi tanaman pada tiga lokasi mitra yang sistemnya beroperasi penuh. Pengalaman lapangan turut menjadi portofolio berharga bagi mahasiswa, di mana mereka dituntut adaptif terhadap kendala teknis riil dan mampu berkomunikasi dengan pelaku usaha pengguna teknologi, sebuah kompetensi yang tidak sepenuhnya dapat diperoleh melalui pembelajaran di kelas.

Dampak kegiatan terhadap peningkatan kompetensi peserta tercermin paling kuat dari capaian 100% kelulusan pada Uji Kompetensi resmi BPVP Surakarta, yang menjadi bukti objektif bahwa pendekatan pelatihan terintegrasi antara kampus dan industri mampu menghasilkan talenta yang benar-benar memenuhi standar kompetensi nasional, bukan sekadar pemahaman internal yang tidak terverifikasi. Pola peningkatan pemahaman peserta yang digambarkan melalui data ilustratif pre-test dan post-test turut memperkuat indikasi bahwa materi teknis seperti pemrograman sistem kendali dan perakitan sensor memberikan tantangan awal yang lebih besar dibandingkan materi konseptual, namun dapat diatasi melalui intensitas praktik yang tinggi selama enam belas hari pembelajaran luring.

Keberhasilan penerapan Project Based Learning pada kegiatan ini tidak berhenti pada purwarupa di ruang laboratorium, melainkan berlanjut hingga implementasi nyata pada empat greenhouse mitra melalui skema OJT, sebuah karakteristik yang membedakan kegiatan ini dari pelatihan PjBL pada umumnya. Tiga dari empat sistem yang beroperasi berkelanjutan pasca-OJT menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek yang diakhiri dengan penerapan pada pengguna nyata mendorong peserta memiliki rasa tanggung jawab lebih tinggi terhadap kualitas hasil kerja, dibandingkan proyek yang hanya dipresentasikan tanpa penerapan lanjutan. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa PjBL efektif meningkatkan keterlibatan aktif dan hasil belajar peserta pelatihan vokasi karena peserta belajar melalui pengalaman nyata menyelesaikan proyek yang relevan dengan kebutuhan pengguna (Ahmad et al., 2023; Sudira et al., 2022).

Beberapa faktor pendukung keberhasilan kegiatan ini meliputi kolaborasi tiga pihak yang saling melengkapi, yaitu UTS yang menyediakan sumber daya mahasiswa dan pendampingan akademik, Edutic yang menyediakan teknologi dan instruktur teknis, serta BPVP Surakarta yang memberikan legitimasi kompetensi berstandar nasional melalui UJK. Ketersediaan empat greenhouse mitra menjadi lokasi OJT turut menjadi faktor penentu karena memungkinkan mahasiswa memperoleh pengalaman penerapan teknologi pada konteks usaha yang beragam. Adapun kendala yang dihadapi selama pelaksanaan meliputi tantangan kalibrasi sistem pada satu lokasi OJT akibat karakteristik larutan nutrisi yang berbeda dari kondisi simulasi pelatihan, serta tantangan logistik dan koordinasi mengingat keempat lokasi OJT tersebar di empat kabupaten/kota berbeda, yaitu Klaten, Surakarta, Boyolali, dan Sukoharjo, sehingga menuntut perencanaan jadwal monitoring yang matang dari dosen pendamping.

Potensi keberlanjutan program kegiatan ini tergolong tinggi. Sebagaimana dinyatakan pada rencana tindak lanjut kegiatan, keempat greenhouse mitra direncanakan menjadi laboratorium lapangan tetap bagi mahasiswa Program Studi Informatika dan program studi lainnya di Universitas Tiga Serangkai, sehingga kerja sama tidak berhenti pada satu siklus pelatihan melainkan berkelanjutan untuk angkatan berikutnya. Keberlanjutan program dapat diperkuat melalui beberapa strategi, yaitu pengembangan fitur lanjutan pada

Smart Nutrition System seperti integrasi dengan aplikasi pemantauan jarak jauh, perluasan jejaring greenhouse mitra ke wilayah lain di Soloraya, serta replikasi model kolaborasi tiga pihak (kampus-industri-lembaga vokasi) ini pada bidang penerapan teknologi lain di luar hidroponik. Model pelatihan-OJT berbasis PjBL yang sistematis dan terverifikasi melalui sertifikasi kompetensi nasional sebagaimana diterapkan pada kegiatan ini berpotensi menjadi rujukan bagi program pengabdian sejenis dalam mendukung akselerasi adopsi smart farming di kalangan talenta digital muda.

V. KESIMPULAN

Kegiatan Pelatihan dan On-the-Job Training (OJT) "Smart Farming Project Based Learning - Hydroponic Automation System" yang diselenggarakan Program Studi S1 Informatika Universitas Tiga Serangkai bersama Edutic dan BPVP Surakarta telah mencapai keempat tujuan yang dirumuskan pada bagian Pendahuluan: seluruh 16 peserta (100%) dinyatakan kompeten pada UJK skema otomasi nutrisi, tiga dari empat purwarupa Smart Nutrition System (75%) berhasil diimplementasikan secara berkelanjutan pada greenhouse mitra, dan terbangunnya kemitraan strategis kampus-industri-lembaga vokasi yang mempercepat digitalisasi UMKM/BUMDes hidroponik. Target ketercapaian program dengan demikian terpenuhi, meskipun satu purwarupa masih memerlukan penyesuaian kalibrasi lanjutan akibat karakteristik larutan nutrisi lokasi yang berbeda. Keberlanjutan program direkomendasikan melalui tiga langkah konkret. Pertama, Dinas Pertanian atau Dinas Koperasi dan UKM setempat perlu mengambil peran pendampingan lanjutan pasca-OJT agar pemeliharaan sistem otomasi tetap berjalan pada keempat greenhouse mitra. Kedua, tim pengabdian berikutnya disarankan mengembangkan modul kalibrasi yang lebih adaptif terhadap variasi karakteristik larutan nutrisi antarlokasi. Ketiga, perluasan jejaring greenhouse mitra sebagai laboratorium lapangan tetap perlu disertai instrumen evaluasi akademik formal (pre-test, post-test, dan kuesioner kepuasan) sejak awal kegiatan agar data capaian kompetensi dan proses pembelajaran dapat diukur secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Edutic (PT Multi Technology Solutions) atas dukungan perangkat Smart Nutrition System dan instruktur teknis, kepada Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BPVP) Surakarta atas penyelenggaraan Uji Kompetensi dan sertifikasi kompetensi, serta kepada pengelola Greenhouse Melon Sidowayah, Aa818_Hydroponic, Akuaponik Nogosari, dan Griya Hidroponik Mubarak atas kesediaannya menjadi lokasi On-the-Job Training. Terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Tiga Serangkai dan seluruh mahasiswa peserta atas partisipasi aktif dalam kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. T., Watrianthos, R., Samala, A. D., Muskhair, M., & Dogara, G. (2023). Project-based learning in vocational education: A bibliometric approach. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 15(4), 43–56.
- Asriani, Herdhiansyah, D., & Nurcayah. (2022). Rancangan usaha agribisnis tanaman sayuran berbasis hidroponik. *Jurnal Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 8(1), 407–416.
- Chowdhury, M., Samarakoon, U. C., & Allan, J. (2024). Evaluation of hydroponic systems for organic lettuce production in controlled environment. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1401089>
- Dewi, L. K. (2024). Formulation of hydroponic green vegetable marketing strategies in Indonesia as an effort to enhance competitiveness. *International Journal of Entrepreneurship, Business, and Creative Economy*. <https://doi.org/10.31098/ijebce.v4i2.2155>
- Dewi, U., Arianto, F., Diningrat, S. W. M., & Firmannandya, A. (2024). Pelatihan pengembangan lembar kerja peserta didik model project based learning bagi guru SMK di Surakarta. *Jurnal ABDI: Media Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(2), 146–154.
- Doni, R., & Rahman, M. (2020). Sistem monitoring tanaman hidroponik berbasis IoT (Internet of Thing) menggunakan NodeMCU ESP8266. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 4(2), 516–522.
- Fathurrahman, I., Saiful, M., & Samsu, L. M. (2021). Penerapan sistem monitoring hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(2), 283–290.
- Holik, A., Khirzin, M. H., & Laksanawati, T. A. (2024). Implementasi teknologi hidroponik metode Nutrient Film Technique dengan sistem monitoring Internet of Things untuk pemberdayaan masyarakat Desa Kaligung Banyuwangi. *Jurnal ABDINUS: Jurnal Pengabdian Nusantara*, 8(3), 711–721. <https://doi.org/10.29407/ja.v8i3.23604>

-
- Irianto, H., Saragih, R., Leonita, S., & Octasyilva, A. R. P. (2021). Pelatihan hidroponik dalam upaya pemberdayaan masyarakat di Kelurahan Keranggan Kota Tangerang Selatan. *Repositori Institut Teknologi Indonesia*.
- Marimin, A., Suranto, Nurgiyatna, Setiawan, E., & Muliasari, D. (2026). Penerapan teknologi IoT bagi budidaya jamur dan hidroponik untuk meningkatkan ketahanan pangan di Farm Education Sragen. *BUDIMAS: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 8(1).
- Pamungkas, L., Rahardjo, P., & Raka Agung, I. G. A. P. (2021). Rancang bangun sistem monitoring pada hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) berbasis IoT. *Jurnal SPEKTRUM*, 8(3).
- Rustan, M. F., Mansyur, M. F., & Akbar, M. A. (2023). Smart monitoring hidroponik berbasis Internet of Things. *JCIS (Journal of Computer and Information System)*, 3(1).
- Sholahuddin, D., & Budi, A. S. (2023). Purwarupa sistem monitoring dan otomasi hidroponik berbasis IoT menggunakan aplikasi Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(1), 210–218.
- Sudira, P., Nurtanto, M., Ramdani, S. D., & Mutohhari, F. (2022). Online project-based learning (O-PjBL): Effectiveness in teachers training and coaching in vocational education. *Journal of Education Technology*, 6(1).
- Sudjimat, D. A., Nyoto, A., & Romlie, M. (2021). Implementation of project-based learning model and workforce character development for the 21st century in vocational high school. *International Journal of Instruction*, 14(4), 181–198.
- Zulhajji, Mangesa, R. T., & Karen, K. (2022). Penerapan teknologi Internet of Thing (IoT) pada bisnis budidaya tanaman hidroponik. *Jurnal Media Elektrik*, 19(2), 101–105. <https://doi.org/10.26858/metrik.v19i2.31537>
- Zulkifli, Rosnina, Khaidir, Martina, & Riani, R. (2023). Budidaya hidroponik tanaman kangkung dengan sistem NFT (Nutrient Film Technique) bagi masyarakat Desa Lancang Garam Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 2(1), 177–187.