



Peningkatan Kapasitas Petani Melalui Pelatihan Smart Farming Berbasis Iot Untuk Budidaya Bawang Putih Di Dataran Rendah Kabupaten Majalengka

Increasing The Capacity of Farmers Through Iot-Based Smart Farming Training for Garlic Cultivation in The Lowlands of Majalengka Regency

**Dadan Ramdani Nugraha¹, Miftah Dieni Sukmasari^{1*}, Tri Ferga Prasetyo², Sri Ayu Andayani³,
Muhamad Nurdin Yusuf⁴**

¹ Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, Majalengka University, Indonesia

² Informatics Study Program, Faculty of Engineering, Majalengka University, Indonesia

³ Agribusiness Study Program, Faculty of Agriculture, Majalengka University, Indonesia

⁴ Agribusiness Study Program, Faculty of Agriculture, Galuh University, Indonesia

*Corresponding Author: miftahdieni6@unma.ac.id

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini bertujuan meningkatkan kapasitas petani bawang putih di dataran rendah melalui pelatihan teknologi inovasi pengairan dan pemupukan berbasis Internet of Things (IoT). Pelatihan di Desa Nunuk, Kabupaten Majalengka, melibatkan 25 petani dan mencakup konsep smart farming, penggunaan sensor tanah, serta sistem fertigasi otomatis. Peserta juga diajarkan praktik operasional perangkat IoT mulai dari tahap persiapan (survei dan rancangan), implementasi (pelatihan teori dan praktik), hingga pemantauan dan evaluasi. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan teknis petani sebesar 35%, disertai penerapan sistem irigasi dan pemupukan presisi yang menghemat air hingga 28% dan menurunkan biaya pemupukan sebesar 16,7%. Teknologi ini juga meningkatkan produktivitas, dengan kenaikan bobot umbi rata-rata 18%, ukuran umbi lebih besar, dan hasil lebih seragam. Selain itu, sistem ini membantu petani mencapai Kebutuhan Air Tanaman (KAT) secara tepat dan mengurangi pemborosan air. Secara umum, program PkM ini efektif dalam meningkatkan efisiensi produksi, kualitas hasil panen, serta kemandirian petani dalam mengelola teknologi berbasis IoT.

Kata Kunci: pemupukan, bawang putih, IoT, irigasi, Pertanian Cerdas

Abstract

This Community Service (PkM) activity aims to strengthen the capacity of garlic farmers in lowland areas through training in irrigation and fertilization technologies based on the Internet of Things (IoT). The training in Nunuk Village, Majalengka Regency, involved 25 farmers and covered smart farming concepts, soil sensor use, and an automated fertigation system. Participants were also taught the operational practices of IoT devices, from the preparation stage (survey and design) through implementation (theoretical and practical training) to monitoring and evaluation. Results showed a 35% increase in farmers' technical knowledge, along with the adoption of precision irrigation and fertilization systems that saved up to 28% of water and reduced fertilization costs by 16.7%. This technology also increased productivity, with an average 18% rise in tuber weight, larger tuber size, and more uniform yield. In addition, the system helps farmers meet Plant Water Requirements (KAT) appropriately and reduce water waste. Overall, the PkM program is effective in improving production efficiency, crop quality, and farmers' independence in managing IoT-based technology.

Keywords: fertilization, garlic, IOT, irrigation, Smart Farming

Pesan Utama:

- Program pelatihan terbukti efektif dalam membangun kapasitas petani untuk mengoperasikan sistem irigasi-pemupukan berbasis IoT.
- Penerapan teknologi ini mendorong efisiensi sumber daya, pengurangan kesalahan aplikasi manual, serta peningkatan respon tanaman bawang putih di dataran rendah.



Copyright (c) 2026 Authors.

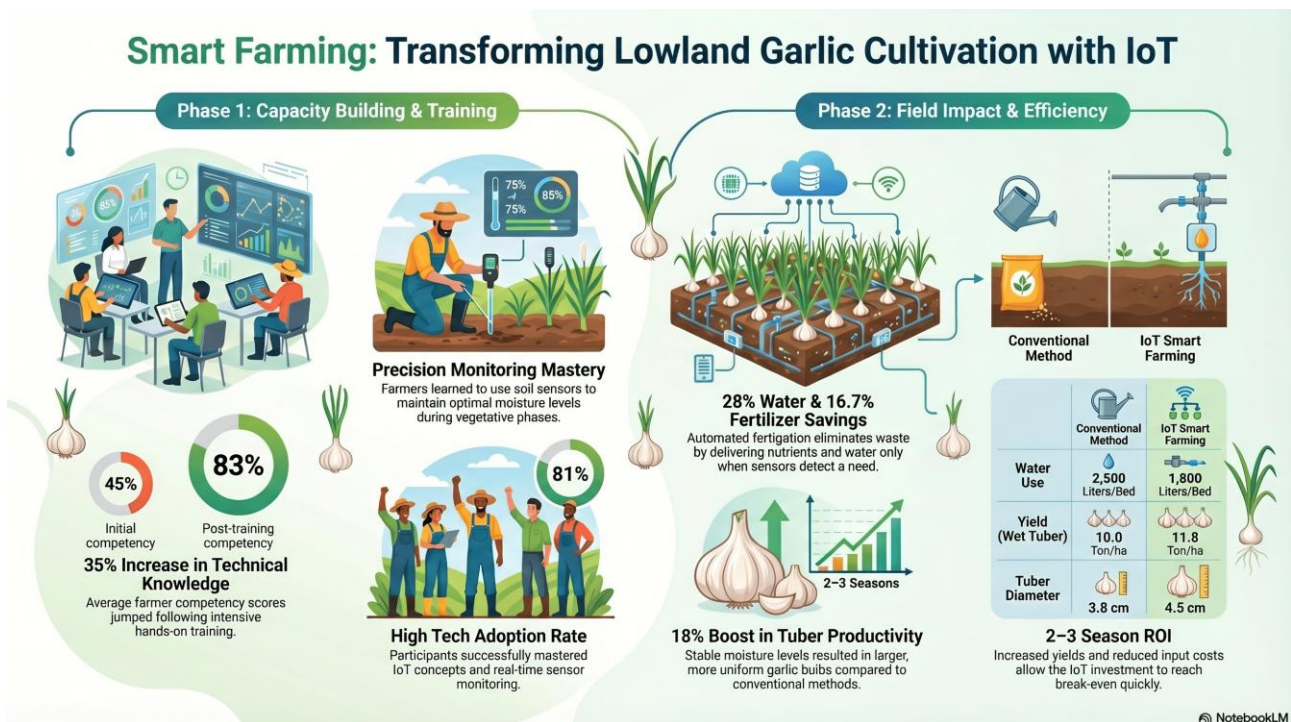


Received: 01 December 2025
Accepted: 26 January 2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

DOI: <https://doi.org/10.56303/jppmi.v5i1.1115>

GRAPHICAL ABSTRACT



PENDAHULUAN

Sektor pertanian, khususnya bawang putih (*Allium sativum* L.), adalah komoditas strategis nasional. Biasanya tumbuh dan dibudidayakan di dataran tinggi secara tradisional, namun pengembangannya di dataran rendah terus didorong sebagai bagian dari strategi mencapai swasembada bawang putih secara nasional. Komoditas ini termasuk hortikultura strategis dengan nilai ekonomi tinggi dan permintaan pasar yang meningkat (Sumarni et al., 2024). Meski demikian, produksi bawang putih nasional masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri. Kendala utama adalah terbatasnya lahan produktif di dataran tinggi, yang selama ini menjadi pusat utama budidaya bawang putih.

Pengembangan bawang putih di dataran rendah menjadi opsi strategis untuk memperluas lahan tanam dan meningkatkan produksi nasional (Kurniaty et al., 2022). Kabupaten Majalengka di Jawa Barat memiliki potensi besar untuk pengembangan bawang putih dataran rendah, dilihat dari ketersediaan lahan pertanian, sistem irigasi teknis, dan pengalaman petani dalam mengelola komoditas tersebut hortikultura. Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka, memiliki karakteristik agroklimat dataran rendah yang relatif sesuai untuk pengembangan bawang putih apabila didukung dengan pengelolaan air dan hara yang tepat. Potensi ini menjadikan Kabupaten Majalengka sebagai salah satu wilayah yang dapat berkontribusi nyata dalam mendukung program swasembada

bawang putih nasional melalui pengembangan budidaya di dataran rendah. Namun, budidaya bawang putih di dataran rendah menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait pengelolaan air dan pemupukan yang tepat sesuai kondisi agroklimat setempat. Tanaman di dataran rendah sering mengalami masalah dengan rendahnya fertilitas tanah atau ketidakseimbangan hara, kehilangan unsur hara akibat pencucian dan erosi, serta dampak salinitas terhadap ketersediaan hara tanaman (Tafarini & Yazid, 2019). Selain itu, suhu dan kelembapan udara yang cukup tinggi di dataran rendah memerlukan pengaturan irigasi yang akurat agar tanaman tidak mengalami stres akibat kekurangan atau kelebihan air.

Metode irigasi manual atau konvensional yang masih umum digunakan petani di Desa Nunuk Baru umumnya belum mampu menjamin efisiensi penggunaan air. Hal ini sering menyebabkan pemborosan air atau kekurangan air, yang berdampak pada stres tanaman dan penurunan hasil bawang putih (Muiz et al., 2017). Selain itu, pemberian pupuk yang tidak tepat dari segi dosis dan waktu aplikasi berpotensi menimbulkan ketidakseimbangan nutrisi, pencemaran lingkungan, serta meningkatnya biaya produksi (Huda et al., 2019). Pemanfaatan teknologi Internet of Things (IoT) melalui pendekatan pertanian cerdas (smart agriculture) menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah ini. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan kondisi lahan secara real-time, seperti suhu, kelembapan tanah, dan pH tanah, serta pengendalian irigasi dan pemupukan secara otomatis dan akurat (Fauzi et al., 2020). Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan teknologi modern berbasis sensor dan otomatisasi mampu meningkatkan efisiensi irigasi secara signifikan dibandingkan sistem manual tradisional (Bounajra et al., 2024). Penelitian Ramadhan et al. (2021) juga melaporkan peningkatan hasil tanaman cabai hingga 20% setelah aplikasi sistem monitoring berbasis sensor suhu dan kelembapan.

Inovasi teknologi berbasis IoT menawarkan solusi modern untuk pengelolaan irigasi dan pemupukan bawang putih, khususnya di wilayah dataran rendah seperti Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka. Melalui sistem ini, petani dapat memantau kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman secara real-time, sehingga pengambilan keputusan terkait irigasi dan pemupukan menjadi lebih akurat dan efisien (Pratama & Purwanto, 2021). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk, tetapi juga menurunkan biaya produksi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Sayangnya, tingkat adopsi teknologi IoT di kalangan petani bawang putih di dataran rendah masih cukup rendah. Banyak petani yang masih mengandalkan metode tradisional dalam mengelola irigasi dan pemupukan, yang sering tidak sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman maupun kondisi tanah setempat. Rendahnya adopsi inovasi ini utamanya disebabkan oleh kurangnya pengetahuan dan keterampilan petani dalam memahami dan mengoperasikan teknologi pertanian berbasis IoT. Sebagian besar petani masih mengandalkan pengetahuan dan pengalaman budidaya yang diperoleh secara turun-temurun, dengan praktik pengelolaan irigasi dan pemupukan yang bersifat empiris dan berbasis kebiasaan. Pola ini relatif berhasil pada kondisi lingkungan tertentu, namun menjadi kurang adaptif ketika diterapkan pada budidaya bawang putih di dataran rendah yang memiliki dinamika suhu, kelembapan, dan ketersediaan air yang lebih fluktuatif. Penelitian Prasetyo et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan sistem IoT pada tanaman cabai merah mampu meningkatkan hasil panen sebesar 18,5% serta menghemat penggunaan air irigasi hingga 25% dibandingkan metode konvensional.

Berdasarkan kondisi ini, kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan di Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka, dengan tujuan memberikan pelatihan serta penerapan teknologi irigasi dan pemupukan bawang putih dataran rendah berbasis IoT kepada kelompok tani. Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas dan keterampilan petani dalam menerapkan pertanian presisi, sehingga budidaya bawang putih di dataran rendah menjadi lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan. Dengan demikian, pengembangan bawang putih berbasis teknologi di Kabupaten Majalengka diharapkan mampu berkontribusi secara nyata dalam meningkatkan produksi bawang putih nasional dan mendukung upaya swasembada bawang putih di Indonesia.

METODE

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini dilakukan di Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka, sebagai kelanjutan dari program yang dimulai pada tahun sebelumnya. Pada tahun kedua, fokus kegiatan meliputi pelatihan, penerapan, dan evaluasi sistem irigasi serta pemupukan bawang putih di dataran rendah yang berbasis Internet of Things (IoT). Pelaksanaan kegiatan melalui tiga tahapan utama: persiapan, implementasi, serta pemantauan dan evaluasi.

Tahap Persiapan

Tahap persiapan dilakukan untuk memastikan bahwa teknologi sesuai dengan kondisi lapangan dan kapasitas petani. Kegiatan dimulai dengan survei lokasi dan wawancara dengan kelompok tani untuk mengenali praktik budidaya yang sedang berjalan, masalah utama dalam pengelolaan irigasi dan pemupukan, serta kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi tersebut. Berdasarkan hasil survei, dirancang sistem IoT yang meliputi sensor kelembapan tanah, mikrokontroler, pompa air, dan sistem fertigasi yang terhubung ke aplikasi pemantauan berbasis cloud. Pada tahap ini, parameter kerja sistem ditetapkan, termasuk ambang batas kelembapan tanah sesuai fase pertumbuhan bawang putih, yaitu 75–85% saat fase vegetatif dan 60–70% saat fase pembentukan dan pengisian umbi. Parameter ini digunakan sebagai dasar untuk pengendalian otomatis irigasi dan pemupukan. Selain itu, disusun modul pelatihan yang mencakup konsep irigasi presisi, dasar teknologi IoT, dan pengoperasian sistem smart fertigation yang aplikatif bagi petani.

Tahap Implementasi

Tahap implementasi mencakup pelatihan dan penerapan teknologi di lapangan. Pelatihan dilakukan melalui dua metode, yaitu penyampaian materi secara klasikal dan praktik langsung. Pada sesi teori, petani diajarkan tentang pentingnya pengelolaan air dan nutrisi secara presisi dalam budidaya bawang putih di dataran rendah. Kemudian, dalam sesi praktik, petani dilatih merakit perangkat IoT, memasang sensor di lahan, serta mengoperasikan aplikasi untuk pemantauan dan kontrol sistem. Sistem IoT kemudian dipasang di lahan percontohan bawang putih milik kelompok tani dan diuji coba untuk mengelola irigasi dan pemupukan secara otomatis berdasarkan ambang kelembapan tanah yang telah ditetapkan.

Tahap Pemantauan dan Evaluasi

Pemantauan dan evaluasi dilakukan selama satu siklus tanam bawang putih. Pendampingan intensif diberikan untuk memastikan petani mampu mengoperasikan sistem secara mandiri. Evaluasi peningkatan pengetahuan petani dilakukan menggunakan instrumen pre-test dan post-test berbentuk kuesioner, yang mencakup aspek budidaya bawang putih, konsep dasar teknologi IoT, dan efisiensi ekonomi. Untuk mengevaluasi dampak penerapan teknologi, dilakukan pengumpulan data dari lahan percontohan berbasis IoT dan lahan kontrol dengan metode konvensional. Kedua lahan memiliki luas, varietas tanaman, waktu tanam, dan kondisi awal tanah yang relatif serupa. Parameter yang diamati meliputi volume penggunaan air irigasi, dosis pupuk, serta hasil panen bawang putih (berat basah, berat kering, dan jumlah umbi).

Data dianalisis secara deskriptif dan dilengkapi dengan uji-t sederhana untuk membandingkan hasil panen antara lahan IoT dan lahan konvensional. Hasil analisis ini menjadi dasar pembahasan mengenai peningkatan efisiensi input, produktivitas, dan efektivitas pelatihan dalam mendukung adopsi teknologi pertanian presisi oleh petani.



Gambar 1. Pemasangan Alat IoT pada Lahan Percontohan

Berikut alur implementasi pelatihan dan implementasi sistem IoT secara visual (Gambar 2)



Gambar 2. Flowchart pelatihan dan implementasi sistem IoT



Gambar 3. Alat IoT yang Sudah Terpasang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pre-Test dan Post-Test pada Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas Petani

Pelatihan teknologi irigasi dan pemupukan bawang putih berbasis Internet of Things (IoT) dilaksanakan selama dua hari secara intensif, melibatkan 25 petani dari kelompok tani di Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka. Pelatihan ini menggunakan pendekatan andragogi yang menggabungkan pembelajaran teori di ruang kelas dan praktik langsung di lahan percontohan, sehingga petani dapat belajar melalui pengalaman langsung sesuai kondisi usaha taninya. Peningkatan Pengetahuan (Kualitatif dan Kuantitatif): Pengujian pre-test menunjukkan bahwa rata-rata pengetahuan awal petani tentang IoT dan fertigasi hanya 45%. Setelah pelatihan dan post-test, skor rata-rata petani meningkat secara signifikan menjadi 83%. Perbaikan ini didukung oleh pemahaman lebih dalam tentang fungsi sensor kelembaban tanah sebagai indikator kapan irigasi harus diaktifkan, menggantikan metode visual konvensional. Secara kualitatif, petani kini mampu menjelaskan konsep Evapotranspirasi dan bagaimana sistem IoT dapat membantu mencapai Kebutuhan Air Tanaman secara presisi.

Tabel 1. Pre-Test dan Post-Test pada kegiatan Pelatihan

Indikator	Hasil Pre-Test (%)	Hasil Post-Test (%)
Nilai Rata-rata (Mean)	45.00	83.17
Nilai Maksimum	65	100
Nilai Minimum	20	60

Keterangan : Data hasil analisis kegiatan pelatihan dilapangan



Gambar 4. Peserta Pelatihan Teknologi Irigasi dan pemupukan Berbasis IoT

Secara kualitatif, petani yang sebelumnya hanya mengandalkan pengamatan visual dan pengalaman turun-temurun dalam menentukan waktu penyiraman kini mampu memahami fungsi sensor kelembaban tanah sebagai dasar pengambilan keputusan irigasi. Mereka juga dapat menjelaskan konsep evapotranspirasi dan hubungannya dengan Kebutuhan Air Tanaman (KAT), serta memahami peran sistem IoT dalam menjaga ketersediaan air tanah sesuai kebutuhan tanaman bawang putih di setiap fase pertumbuhan. Pelatihan ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan tetapi juga keterampilan praktis petani, termasuk merakit perangkat keras dasar sistem IoT, melakukan pemasangan dan kalibrasi sensor, serta mengoperasikan aplikasi pemantauan kelembaban tanah. Kelompok tani mampu mengatur ambang batas kelembaban tanah sesuai fase pertumbuhan bawang putih, yaitu 75–85% di fase vegetatif dan 60–70% di fase pembentukan serta pengisian umbi. Penerapan sistem IoT di lahan percontohan juga menunjukkan efisiensi penggunaan air irigasi sebesar 28%, dibandingkan lahan kontrol yang dikelola secara konvensional. Efisiensi ini terjadi karena sistem irigasi berbasis IoT hanya mengaktifkan pompa ketika sensor mendeteksi kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Dengan mekanisme ini, irigasi tidak dilakukan pada kondisi tanah yang masih lembap, sehingga

penggunaan air menjadi lebih efisien.

Pada metode konvensional, irigasi biasanya dilakukan berdasarkan jadwal atau pengamatan visual, yang dapat menyebabkan pemberian air yang berlebihan. Penggunaan teknologi IoT memungkinkan petani membuat keputusan irigasi yang lebih tepat dan rasional berbasis data. Ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi tidak hanya meningkatkan efisiensi input produksi, tetapi juga memperkuat kemampuan petani dalam mengelola sumber daya air secara lebih efektif berkelanjutan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Data Pre-Test dan post-Tes pada Kegiatan Pelatihan

Klaster Materi Tes	Pertanyaan Fokus	Persentase Jawaban Benar Rata-rata
Budidaya Dataran Rendah	Pengolahan tanah, varietas adaptif, irigasi.	92%
Konsep IoT & Sensor	Fungsi sensor kelembapan, manfaat monitoring real-time.	81%
Keberlanjutan & Ekonomi	Pengurangan pupuk, efisiensi air, analisis R/C.	76%

Keterangan : Data hasil analisis kegiatan pelatihan dilapangan

Peningkatan ini menunjukkan bahwa metode penyampaian materi yang menggabungkan teori dan demonstrasi alat IoT diterima dan dipahami dengan baik oleh peserta. Klaster materi Budidaya Dataran Rendah mencapai persentase jawaban benar tertinggi, yaitu 92%. Ini mengindikasikan bahwa petani, yang sudah memiliki dasar pengetahuan budidaya, mampu dengan cepat mengadaptasi dan memahami inovasi modifikasi budidaya bawang putih di ekosistem dataran rendah, terutama terkait pengolahan lahan dan varietas yang cocok. Pemahaman tentang Konsep IoT dan Sensor juga tinggi, mencapai 81%. Ini merupakan indikator keberhasilan penting, mengingat petani termasuk kelompok yang relatif baru terhadap teknologi berbasis sensor dan pemantauan real-time. Keberhasilan ini menunjukkan potensi adopsi teknologi yang baik di masa depan. Noerhayati et al., (2022) menyatakan bahwa penerapan dan pelatihan di desa Sukoanyar Pakis Malang, di mana kelompok tani sepakat menerapkannya 100%, dapat meningkatkan hasil produksi pertanian.

Efisiensi Volume Air, Frekuensi Pengairan dan Penggunaan Pupuk antara Lahan Percontohan (menggunakan IoT) dan Lahan Kontrol (konvensional)

Secara umum, petani melakukan pengairan bawang putih secara konvensional dengan mengambil air dari sumber seperti sumur, irigasi, atau sungai, lalu menyiramkan langsung ke tanaman menggunakan ember atau gembor. Volume air yang digunakan bergantung pada pengalaman dan perkiraan visual petani. Sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dirancang untuk memudahkan proses penyiraman tanaman (Sayekti et al., 2022). Perangkat ini menggunakan sensor kelembapan tanah dan sensor suhu untuk membaca kondisi lingkungan sekitar. Penghematan air sebesar 28% dicapai karena sistem IoT ini mengalirkan air hanya saat sensor menunjukkan tanah kering, sehingga mengurangi run-off dan deep percolation—faktor yang biasanya menyebabkan pemborosan air secara berlebihan pada metode manual. Hal ini sangat penting untuk budidaya di dataran rendah yang rentan terhadap kekeringan saat musim kemarau dan genangan saat curah hujan tinggi. Metode fertigasi berbasis IoT, yang mengalirkan pupuk cair langsung ke zona perakaran dalam dosis kecil dan sering (spoon-feeding), memastikan nutrisi tepat sasaran. Penghematan sebesar 16.7% menunjukkan bahwa kehilangan pupuk akibat penguapan dan pencucian jauh berkurang dibandingkan dengan pemupukan secara konvensional.

Tabel 3. Perbandingan antara Lahan IoT dan Lahan Konvensional

Indikator	Lahan Kontrol (Konvensional)	Lahan IoT (Presisi)	Selisih Efisiensi
Volume Air/Siklus Tanam	2500 liter/bedengan	1800 liter/bedengan	28% Penghematan
Frekuensi Pengairan	2 kali sehari (manual)	1-2 kali sehari (otomatis, berdasarkan data sensor)	Lebih adaptif & Tepat waktu
Penggunaan Pupuk NPK	150 kg/ha	125 kg/ha (Fertigasi)	16.7% Penghematan

Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Hasil

Efisiensi sumber daya secara langsung berkorelasi dengan peningkatan hasil panen, yang dibuktikan dengan data berikut:

Tabel 4. Perbandingan Produktivitas dan Kualitas Hasil antara Lahan IoT dengan lahan Konvensional

Indikator Hasil	Satuan	Lahan IoT	Lahan Kontrol	Peningkatan Produktivitas
Bobot Umbi Basah Rata-rata	Ton/ha	11.8	10.0	18.0%
Penyebab Utama Peningkatan	-	Minimnya Stres Air (Optimal)	Stres Air Terjadi	-
Diameter Umbi Rata-rata	cm	4.5	3.8	18.4%
Keseragaman Umbi (Koefisien Variasi, CV)	%	12%	20%	8 poin lebih seragam

Kegiatan pengabdian masyarakat ini menegaskan bahwa penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sistem irigasi mampu membawa dampak nyata terhadap peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen. Hal ini terlihat dari perbandingan kinerja antara lahan yang menggunakan sistem IoT dan lahan kontrol yang dikelola secara konvensional. Peningkatan Bobot Umbi Basah. Penerapan IoT terbukti meningkatkan bobot umbi basah dari 10,0 ton/ha pada lahan kontrol menjadi 11,8 ton/ha, sekitar 18% lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa monitoring kelembapan tanah secara real-time dan pengaturan irigasi otomatis dapat menjaga kondisi air tanah dalam tingkat yang optimal. Menurut Aishah et al., (2025), sensor kelembapan yang mengoperasikan pompa otomatis mampu menjaga kelembapan tanah agar tetap dalam rentang target, sehingga mencegah kekeringan berkepanjangan dan genangan berlebih.

Data lapangan menunjukkan bahwa lahan IoT dalam kondisi minim stres air, sementara lahan kontrol beberapa kali mengalami kekurangan atau kelebihan air. Irigasi konvensional cenderung tidak konsisten dan sangat bergantung pada intuisi petani, sehingga sering tidak sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman. Dengan IoT, kelembapan tanah dipertahankan pada tingkat yang sesuai kebutuhan tanaman, sehingga fase pertumbuhan kritis seperti pembentukan umbi, pembesaran sel, dan pengisian umbi dapat berlangsung tanpa gangguan. Oleh karena itu, teknologi IoT berfungsi sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan yang memudahkan petani sekaligus meningkatkan produktivitas. Diameter umbi di lahan IoT mencapai 4,5 cm, lebih besar dari lahan kontrol yang hanya 3,8 cm. Peningkatan sebesar 18,4% ini menunjukkan bahwa tidak hanya bobot panen total meningkat, tetapi juga kualitas fisik umbi. Diameter umbi yang lebih besar menunjukkan proses pembesaran sel berjalan optimal. Ini memperkuat bahwa kondisi air yang stabil mendukung pertumbuhan vegetatif dan generatif secara seimbang. Bagi petani, ukuran umbi yang lebih besar memiliki nilai ekonomi lebih tinggi karena mempermudah pemasaran dan meningkatkan mutu hasil panen.

Analisis Ekonomi dan Keberlanjutan

Implementasi sistem irigasi dan pemupukan berbasis Internet of Things (IoT) untuk budidaya bawang putih di dataran rendah membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional. Meski begitu, analisis ekonomi sederhana menunjukkan bahwa investasi ini memiliki potensi kelayakan yang baik dan bisa memberikan manfaat ekonomi dalam jangka menengah kepada petani (Fauzi et al., 2020; Bounajra et al., 2024).

Tabel 5. Estimasi Sederhana Analisis Ekonomi Penerapan Sistem IoT pada Budidaya Bawang Putih

Komponen	Sistem Konvensional	Sistem IoT	Perubahan
Biaya air irigasi per musim	100%	72%	↓ 28%
Biaya pupuk per musim	100%	83,3%	↓ 16,7%
Hasil panen per musim	100%	118%	↑ 18%
Investasi awal sistem	-	Tinggi (sekali)	-
Perkiraan BEP	-	Musim ke-2-3	-

Berdasarkan estimasi tersebut, penghematan biaya air dan pupuk yang terjadi setiap musim tanam, dikombinasikan dengan peningkatan pendapatan akibat kenaikan hasil panen, memungkinkan investasi awal sistem IoT mencapai break even point (BEP) dalam waktu sekitar 2–3 musim tanam. Estimasi ini bersifat konservatif dan disesuaikan dengan kondisi skala usaha tani bawang putih di Desa Nunuk Baru, Kabupaten Majalengka. Selain aspek ekonomi, penerapan teknologi IoT juga memiliki implikasi penting terhadap keberlanjutan usaha tani. Penghematan air membantu meningkatkan ketahanan petani terhadap variabilitas iklim dan kemungkinan kekeringan di dataran rendah. Penggunaan pupuk secara berlebihan juga menyebabkan risiko degradasi tanah dan pencemaran lingkungan berkurang. Dengan demikian, teknologi IoT tidak hanya memberi manfaat ekonomi dalam jangka menengah, tetapi juga mendukung praktik pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan (Prasetyo et al., 2025).



Gambar 5. Dokumentasi Pelatihan

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini berupa pelatihan teknologi inovasi pengairan dan pemupukan bawang putih dataran rendah berbasis Internet of Things (IoT) di Desa Nunuk, Kabupaten Majalengka. Program ini terbukti mampu meningkatkan kapasitas dan kemandirian petani dalam pengelolaan budidaya. Pelatihan ini meningkatkan pengetahuan teknis petani sebesar 35%, serta mendorong efisiensi penggunaan input dengan penghematan air hingga 28% dan penurunan biaya pupuk sebesar 16,7%. Penerapan teknologi IoT juga meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen, yang tercermin dari kenaikan bobot umbi sebesar 18% dan ukuran umbi yang lebih seragam, sehingga memperbaiki daya saing dan nilai jual produk. Dari aspek ekonomi, efisiensi biaya dan peningkatan hasil menunjukkan bahwa investasi pada sistem IoT berpotensi mencapai titik impas dalam 2–3 musim tanam. Secara umum, kegiatan ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT yang didukung pelatihan dan pendampingan dapat mendukung praktik pertanian yang lebih efisien, adaptif terhadap iklim melalui penghematan air, serta berkelanjutan, dan memiliki potensi untuk diterapkan pada komoditas hortikultura lain di wilayah dataran rendah dengan karakteristik serupa.

PENDANAAN

Pengabdian kepada masyarakat ini didanai oleh DRTPM Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi dengan nomor hibah 0069/C3/AL.04/2025.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, atas dukungan pendanaan yang diberikan. Bantuan tersebut sangat berarti dalam mendukung pelaksanaan program pelatihan dan penerapan teknologi irigasi serta pemupukan berbasis IoT pada budidaya bawang putih dataran rendah di Desa Nunuk Kabupaten Majalengka.

KONFLIK KEPENTINGAN

Kami sebagai penulis menyatakan bahwa tidak ada benturan kepentingan dengan pihak manapun terkait materi yang dibahas dalam artikel, pendanaan, dan perbedaan pendapat antar para penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, A., and T. Tukino. (2025). Pengembangan Sistem Pengontrolan Irigasi Cerdas dengan Teknologi Internet of things (IoT). *Pros. Semin. Nas. Ilmu Sos. dan Teknol.*, vol. 5, no. September, pp. 286–293, 2023, doi:10.33884/psnistek.v5i.8096.
- Aisyah, N., Early Dia Ulhaq, Aldi Dharmawan, Rady Purbakawaca. (2025). Design Of An Iot-Based Smart Irrigation System Using Soil Moisture Sensors For Water Efficiency. *Journal Online Physics*. Vol.11(1), hal: 89 -97
- Bounjara, Kamal El Guemmat, Khalifa Mansouri, Fatiha Akef. (2024). Towards efficient irrigation management at field scale using new technologies: A systematic literature review. *Agricultural Water Management*. Vol. 295.
- Fauzi, M. S., Rosadi, R., & Hartono, H. (2020). Desain Sistem Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT) pada Budidaya Tanaman Hortikultura. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 123-134.
- Huda, N. L., Setiawan, B., & Wicaksono, K. P. (2019). Optimasi Dosis Pupuk N, P, dan K pada Budidaya Bawang Putih (*Allium sativum* L.) di Dataran Rendah. *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(5), 901-908.
- Irianto, G. B. (2018). *Teknologi Internet of Things untuk Pertanian Presisi*. Edisi Pertama. Yogyakarta Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2017). *Petunjuk Teknis Budidaya Bawang Putih Dataran Rendah*. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura.
- Kurniaty, Eliyanti, dan Aryunis. (2022). Uji Adaptasi Beberapa Varietas Tanaman Bawang Putih (*Allium sativum* L.) di Dataran Rendah Muaro Jambi. *Jurnal Media Pertanian*, 7(2). Hal. 79-89.
- Muiz, I. D., Donny Harisuseno, Runi Asmaranto. (2017). Evaluasi Sistem Pemberian Air Daerah Irigasi Kedung Putri Guna Meningkatkan Intensitas Tanam Padi. *Jurnal Teknik Pengairan*. Vol. 8 (2). Hal. 194 – 204.
- Prasetyo, T. F., Miftah Dieni Sukmasari, Sri Ayu Andayani, Aas Nuraisah, Muhammad Rafli Hidayatulloh, Deby Andriansah. (2025). Implementasi Pemanfaatan Perangkat IoT Pada Tanaman Holtikultura (Cabai Merah Besar Di Argapura Majalengka). *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*.
- Pratama, B., & Purwanto, A. (2021). Implementasi Sistem Kendali Smart Farming untuk Fertigasi Bawang Merah Menggunakan Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Informatika Pertanian*, 30(1), 1-10.
- Ramadhan, B., Wulandari, R., & Putra, D. (2021). Efektivitas Monitoring Berbasis Sensor untuk Peningkatan Hasil Cabai. *Agritech: Jurnal Teknologi Pertanian*, 41(3), 245–252. <https://doi.org/10.22146/agritech.62321>.
- Raseduzzaman, Erik Steen Jensen. (2017). Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy*. Vol. 91. Hal. 25 – 33.
- Sayekti, I., Supriyo, B., Krishna, B., Dadi, Utomo, K., Beta, S., Kusumastuti, S., Pramuji, T., Kartika, V. S., & Aji, A. F. (2022). Pendampingan penerapan teknologi sistem monitoring dan penyiraman berbasis IoT pada budidaya tanaman obat keluarga. *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 3(1), 150–158. <https://doi.org/10.29408/ab.v3i1.5616>
- Sumarni, Okti Herliana, Priswanto, Noor Farid and Zulfa Ulinnuha. (2025). Garlic Production in Indonesian Tropical Lowland using Root Zone Cooling and Aeroponic System. *International Journal Of Agriculture & Biology*, Vol 33.
- Tafarani, M. F., Muhammad Yazid. (2019). Sustainable Water Management in Tidal Lowlands Agriculture: A Research Agenda. *Sriwijaya Journal of Environment*. Vol. 3 (3). Hal : 102-107.
- Tim Pengabdian Masyarakat. (2024). Laporan Akhir Potensi Pengembangan Bawang Putih Lokal Dataran Rendah sebagai komoditas Unggulan Kabupaten Majalengka". [Universitas Majalengka].