



Pendampingan Pengenalan IoT dalam Pertanian Pintar : Strategi Meningkatkan Produktivitas Tani di Desa Jurit Kabupaten Lombok Timur

Akbar Juliansyah^{1*}, Diman Ade Mulada², Ary Purmadi³

^{1*}Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, ³Program Studi Teknologi Pendidikan Universitas Pendidikan Mandalika, Indonesia.

²Program Studi Ilmu Hukum, Universitas Mataram, Indonesia.

*Corresponding Author. Email: akbarjuliansyah@undikma.ac.id

Abstract: This community service activity aims to empower farmer groups in Jurit Village, East Lombok Regency, through the introduction of smart farming technology based on the Internet of Things (IoT). The initiative seeks to enhance agricultural productivity and economic empowerment by integrating advanced technology with robust business legalities. The participatory method employed in this program is based on the four-dimensional approach: Purpose, Process, Partnership, and Product. The outcomes of this community service demonstrate an improvement in the understanding and capabilities of the Lombok Organik farmer group in implementing IoT-based smart farming technology. Furthermore, the farmer group successfully established a legally recognized business, enabling them to expand market access and improve the competitiveness of their agricultural products.

Abstrak: Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memberdayakan kelompok tani di Desa Jurit Kabupaten Lombok Timur melalui pengenalan teknologi pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT) sebagai upaya meningkatkan produktivitas pertanian dan keberdayaan ekonomi kelompok tani dengan integrasi teknologi dan legalitas usaha yang kuat. Metode pengabdian yang digunakan dalam kegiatan ini adalah partisipatif dengan pendekatan empat dimensi yaitu tujuan (Purpose), proses (Process), kemitraan (Partnership), dan produk (Product). Hasil dari pengabdian masyarakat ini menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan kemampuan kelompok tani Lombok Organik dalam menerapkan teknologi pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT). Selain itu, kelompok tani juga berhasil mendirikan usaha legal yang memungkinkan mereka untuk memperluas akses pasar dan meningkatkan daya saing produk pertanian.

Article History:

Received: 27-09-2024
Reviewed: 14-10-2024
Accepted: 20-12-2024
Published: 18-02-2025

Key Words:

Smart Farming; IoT;
Legal Business; NPK
Technology; Farming
Productivity.

Sejarah Artikel:

Diterima: 27-09-2024
Direview: 14-10-2024
Disetujui: 20-12-2024
Diterbitkan: 18-02-2025

Kata Kunci:

Pertanian Pintar; IoT;
Usaha Legal; Teknologi
NPK; Produktivitas Tani.

How to Cite: Juliansyah, A., Mulada, D., & Purmadi, A. (2025). Pendampingan Pengenalan IoT dalam Pertanian Pintar : Strategi Meningkatkan Produktivitas Tani di Desa Jurit Kabupaten Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian UNDIKMA*, 6(1), 47-55. doi:<https://doi.org/10.33394/jpu.v6i1.13067>



<https://doi.org/10.33394/jpu.v6i1.13067>

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



Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam sektor pertanian global menunjukkan kemajuan yang signifikan. Di negara-negara maju, seperti China, proses pertanian telah banyak mengalami automasi, di mana kecerdasan buatan dan teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) memainkan peran penting dalam pengelolaan lahan. Sebagai contoh, di Pulau Chongming, Shanghai, penerapan teknologi otomatis pada rumah kaca hortikultura memungkinkan proses pengumpulan hasil panen tanpa intervensi manusia secara langsung. Inovasi teknologi ini memperlihatkan kemampuan untuk meningkatkan produktivitas sekaligus mengoptimalkan



kualitas hasil pertanian, khususnya pada produk hortikultura yang lebih responsif terhadap perubahan teknologi dibandingkan dengan komoditas pertanian lainnya. (Rachmawati,2020)

Indonesia, sebagai negara agraris, memiliki potensi besar dalam memanfaatkan teknologi pertanian modern. Dalam Rencana Pembangunan Hortikultura 2020-2024, pemerintah menargetkan peningkatan daya saing produk hortikultura melalui peningkatan produktivitas, akses pasar, dan penerapan sistem pertanian ramah lingkungan. Namun, adopsi teknologi pertanian modern, seperti IoT, di Indonesia masih sangat terbatas, terutama di wilayah pedesaan. Salah satu kendala utama adalah rendahnya akses dan pemahaman petani terhadap teknologi baru, serta keterbatasan sumber daya manusia (SDM) yang mampu mendukung implementasi teknologi tersebut. (Direktorat Jenderal Hortikultura. 2022)

Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam sistem pertanian, yang dikenal sebagai pertanian pintar, telah terbukti meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi sensor telah membuka jalan bagi sistem manajemen tanaman yang lebih akurat dan efisien. Salah satu inovasinya adalah sensor NPK, yang memungkinkan pemantauan kadar nutrisi tanah secara real-time. Sistem ini memanfaatkan data sensor NPK untuk memberikan rekomendasi pemupukan yang dipersonalisasi bagi petani (Gottemukkala et al, 2023). Integrasi sensor NPK dengan teknologi Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian presisi telah menarik perhatian ilmiah yang signifikan. Kombinasi ini memungkinkan pemantauan kadar nutrisi tanah secara real-time dan akurat, sehingga petani dapat mengoptimalkan Efisiensi Penggunaan Pupuk (FUE) (Lenin et al. 2023). Anjaneyulu (2024) mengembangkan Sistem Pengendalian Nutrisi Tanaman berbasis IoT yang dirancang untuk konservasi tanah dimana sistem ini memberikan rekomendasi kepada petani mengenai jumlah minimum pupuk yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang sehat. Pemantauan real-time terhadap kondisi tanah, termasuk kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium, yang sangat krusial untuk menentukan strategi pemupukan yang tepat. Pemupukan NPK yang optimal (N3P2K2) meningkatkan biomassa tanaman, efisiensi penyerapan Cd, dan potensi fitoremediasi di tanah yang terkontaminasi kadmium sedang, dengan N3P2K2 sebagai komposisi yang paling efektif (Wang, J., et al. 2019). Ali, S., Bashir, S., & Habib, Z. (2018) menyoroti peran sensor tanah berbasis IoT dalam optimalisasi penggunaan pupuk melalui data real-time.

Pendampingan implementasi teknologi sensor NPK yang dilakukan dalam kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk memberikan solusi praktis dalam pengelolaan nutrisi tanah secara presisi. Kapoor, R., Kumar, S., & Sharma, N. (2020) menyatakan bahwa adopsi teknologi IoT di negara berkembang memiliki potensi besar dalam mendukung pertanian berkelanjutan dengan meningkatkan efisiensi sumber daya dan produktivitas. Pelatihan penggunaan *learning kit* IoT membantu kelompok tani memahami bagaimana teknologi ini dapat diterapkan dalam praktik sehari-hari untuk meningkatkan hasil panen. Zhang, Y., Li, X., & Wang, L. (2019) menekankan pentingnya sistem irigasi pintar dalam pertanian presisi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan hasil tanaman. Ini mendukung pelatihan petani dalam memahami perangkat IoT dan sensor sebagai bagian dari program pertanian pintar. Jones, P., & Smith, D. (2020) mengungkapkan bahwa teknologi pertanian pintar dapat menjadi kunci dalam meningkatkan ketahanan pangan global. Dalam konteks pengabdian, sinergi antara kelompok tani, DUDI, dan perguruan tinggi bertujuan untuk memastikan keberlanjutan adopsi teknologi IoT.

Namun demikian, hasil analisis terhadap kondisi kelompok tani Lombok Organik di Desa Jurit, Lombok Timur, menunjukkan bahwa kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi ini masih rendah. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan, akses terhadap



teknologi, serta kurangnya dukungan SDM yang memiliki kompetensi teknis. Selain itu, kelompok tani ini juga menghadapi kendala dalam hal legalitas usaha, yang membatasi kemampuan mereka untuk menjalin kemitraan dengan pihak eksternal dan memanfaatkan peluang pasar yang lebih luas. Legalitas usaha bagi kelompok petani sangat penting untuk memastikan perlindungan hukum, efisiensi operasional, dan keberlanjutan usaha. Beberapa negara maju sangat memperhatikan terkait hal ini. Lembaga Usaha petani memerlukan status badan hukum agar dapat terus berkembang dan memenuhi tuntutan pasar, maka proses legislasinya harus segera dipercepat dan statusnya harus ditetapkan sebagai badan hukum. Ru-Wa, W. (2006). Dengan adanya Lembaga usaha akan membantu membentuk organisasi yang sah karena Masalah organisasi berdampak signifikan terhadap keberhasilan atau kegagalan usaha bisnis milik petani, dengan struktur organisasi yang sah memainkan peran penting dalam mencapai keberhasilan yang memberikan nilai tambah (Senechal, D., & Hodur, N. 2015)

Garcia, J., Perez, L., & Martinez, R. (2021) menunjukkan bahwa legalisasi usaha agrikultur dapat meningkatkan daya saing pasar dengan memberikan akses yang lebih baik terhadap program pendanaan dan dukungan dari sektor swasta maupun pemerintah. Dalam konteks ini, pelatihan dan pendampingan pendirian usaha legal bagi kelompok tani bertujuan untuk memfasilitasi langkah awal mereka dalam mengintegrasikan sistem formal usaha yang sah. Martinez, L., & Perez, J. (2019) menguraikan bahwa kerangka hukum yang mendukung formalitas bisnis di sektor agrikultur tidak hanya membantu petani dalam mengakses pasar yang lebih luas tetapi juga memberikan stabilitas ekonomi jangka panjang melalui peningkatan investasi dan efisiensi operasional. Hal ini relevan dengan pengabdian yang memfokuskan pada pendirian usaha legal untuk meningkatkan keberlanjutan usaha tani.

Oleh karena itu, kegiatan pengabdian ini dirancang untuk memperkenalkan dan menerapkan teknologi pertanian pintar, khususnya sensor NPK, kepada kelompok tani Lombok Organik. Selain itu, program ini juga bertujuan untuk mendampingi kelompok tani dalam mendirikan usaha legal, yang diharapkan akan meningkatkan kapasitas mereka dalam bersaing di pasar nasional maupun internasional. Seperti halnya petani Uni Eropa yang terlibat dalam rantai pasokan pangan pendek diberi status pertanian istimewa, yang memperkuat posisi pasar mereka, sementara petani AS dianggap sebagai wirausahawan komersial dan didukung oleh program keuangan (Kapala, A. 2022). Melalui kegiatan ini, diharapkan terjadi peningkatan produktivitas pertanian dan keberdayaan ekonomi kelompok tani melalui integrasi teknologi dan legalitas usaha yang kuat.

Metode Pengabdian

Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini adalah partisipatif dengan pendekatan empat dimensi yang dikemukakan oleh Gray et al. (2018). Mereka menyatakan bahwa kerangka kerja empat dimensi untuk pelaporan tujuan (*Purpose*), proses (*Process*), kemitraan (*Partnership*), dan produk (*Product*) dapat memajukan pemodelan sosial-lingkungan partisipatif serta mendorong inovasi dalam pengembangan kebijakan ekologi. Setiap dimensi dirancang untuk memastikan bahwa kegiatan ini berjalan secara partisipatif, kolaboratif, dan menghasilkan dampak yang nyata bagi kelompok sasaran, yakni para petani di Desa Jurit.

1). Tujuan (*Purpose*):

Tahapan pertama adalah merumuskan tujuan bersama dengan para pemangku kepentingan, seperti pemerintah desa, kelompok tani, dan mitra perusahaan. Diskusi awal



dilakukan melalui *focus group discussion* (FGD) untuk memastikan tujuan yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan potensi lokal.

2). Proses (*Process*):

Kegiatan ini dilakukan melalui pelatihan yang diberikan kepada kelompok tani dalam dua aspek utama:

- Pengenalan Teknologi IoT

Petani diberikan pelatihan mengenai cara menggunakan sensor NPK dan perangkat IoT lainnya, termasuk cara pemasangan, pengoperasian, dan interpretasi data hasil pemantauan tanah. Pelatihan ini dilakukan secara langsung di lahan pertanian sehingga petani dapat langsung mempraktikkan penggunaan teknologi.

- Pendirian Usaha Legal.

Kelompok tani juga dibimbing dalam proses pendirian usaha legal, mulai dari pengurusan Akta Pendirian, Nomor Induk Berusaha (NIB), hingga NPWP usaha.

3). Kemitraan (*Partnership*):

Kemitraan strategis dibangun dengan melibatkan pemerintah desa, kelompok tani Lombok Organik, akademisi UNDIKMA, serta mitra swasta seperti CV Nawasena Multikraf. Pemerintah desa berperan dalam memfasilitasi pelaksanaan kegiatan, sedangkan kelompok tani menjadi peserta sekaligus aktor utama dalam implementasi teknologi. Akademisi menyediakan keahlian teknis dan modul pelatihan, sementara mitra swasta mendukung dalam penyediaan perangkat teknologi, konsultasi, dan pendampingan pengembangan badan usaha.

4). Produk (*Product*):

Hasil yang diharapkan dari kegiatan ini adalah peningkatan kapasitas kelompok tani dalam memanfaatkan teknologi sensor NPK dan pendirian badan usaha legal.

Hasil Pengabdian dan Pembahasan

Pelaksanaan program pengabdian masyarakat ini dengan pendekatan 4P telah menghasilkan berbagai capaian penting melalui beberapa rangkaian kegiatan. Berikut adalah hasil yang telah dicapai selama pelaksanaan kegiatan.

1) Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi dilakukan sebagai langkah awal untuk merumuskan Tujuan (*Purpose*) program kepada mitra sasaran dan pemangku kepentingan yang terkait serta membangun Kemitraan (*Partnership*).

- a) Kegiatan sosialisasi dilaksanakan sebagai langkah awal untuk memperkenalkan program kepada mitra sasaran dan pemangku kepentingan terkait. Diskusi interaktif dilakukan untuk memastikan keselarasan program dengan kebutuhan kelompok tani, sehingga tercipta pemahaman bersama tentang langkah-langkah yang akan diambil.



Gambar 1. Kick Off Meeting

- b) Setelah kick-off meeting, kegiatan dilanjutkan dengan koordinasi bersama mitra sasaran, yaitu kelompok tani di Desa Jurit. Koordinasi ini berfokus pada pemetaan

kendala dan potensi yang dihadapi oleh kelompok tani, sekaligus memastikan bahwa rancangan program sesuai dengan kebutuhan nyata mereka.



Gambar 2. Koordinasi Mitra Sasaran

- c) Selain itu, dilakukan pula koordinasi dengan mitra dari DUDI untuk memastikan dukungan optimal terhadap penerapan teknologi pertanian pintar dan pendirian badan usaha legal.



Gambar 3. Koordinasi mitra DUDI

2) Pelatihan dan Penerapan Teknologi Inovasi

Pada tahapan pelatihan dan penerapan teknologi inovasi, merupakan lanjutan dari Kerjasama (*Partnership*) dan Proses (*Process*) yang dirancang untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan praktis kepada kelompok tani, khususnya dalam pendirian usaha legal dan pemanfaatan teknologi IoT untuk pertanian pintar.

- a) Penyuluhan pendirian usaha legal menjadi langkah awal, di mana kelompok tani diberi panduan menyeluruh mengenai pembuatan NIB, NPWP, dan dokumen legal lainnya. Dilanjutkan dengan perencanaan usaha melalui OSS KBLI, kelompok tani bersama tim pendamping menyusun rencana bisnis dan memanfaatkan platform OSS untuk proses perizinan yang lebih efisien.



Gambar 4. Penyuluhan proses pendirian badan usaha

- b) Dalam aspek teknologi, proses pelatihan melibatkan pengenalan pertanian pintar berbasis IoT, seperti penggunaan sensor NPK untuk memantau kebutuhan tanah secara real-time. Sinergi antara kelompok tani, DUDI, dan perguruan tinggi menjadi bagian penting dari proses ini, di mana perguruan tinggi memberikan dukungan penelitian dan inovasi, sementara DUDI membimbing dalam penerapan teknologi dan pengelolaan usaha.



Gambar 5. Pengenalan IoT dan Sinegitas

3) Pendampingan Dan Evaluasi

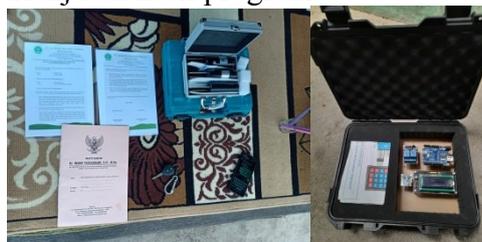
Pada tahap pendampingan dan evaluasi, fokus diarahkan untuk memastikan hasil yaitu Produk (*Product*) yang diharapkan tercapai melalui intervensi yang terukur dan berkelanjutan.

- a) Pendampingan pendirian usaha legal dilakukan sebagai tindak lanjut dari pelatihan, dengan memberikan bimbingan langsung kepada kelompok tani dalam mempersiapkan dokumen legal, seperti Akta Pendirian dan NIB. Proses ini melibatkan konsultasi administrasi hingga koordinasi dengan notaris, yang bertujuan menciptakan hasil akhir berupa usaha legal yang sah secara hukum. Dengan usaha yang legal, kelompok tani dapat mengakses program pembiayaan dan dukungan pemerintah maupun sektor swasta. Dalam aspek teknologi, pendampingan difokuskan pada penerapan pertanian pintar berbasis IoT dan sensor NPK. Kelompok tani dibimbing dalam instalasi perangkat dan interpretasi data, sehingga dapat memanfaatkan teknologi secara optimal untuk meningkatkan produktivitas. Evaluasi dilakukan secara berkala untuk menilai efektivitas teknologi yang diterapkan dan mengidentifikasi kendala yang dihadapi. Hal ini memastikan produk dari program, seperti penggunaan perangkat IoT dan usaha legal, dapat berjalan sesuai rencana dan memberikan dampak nyata.



Gambar 6. Pendampingan Pendirian badan usaha dan Pengenalan IoT

- b) Melalui pendekatan ini, hasil evaluasi menunjukkan tingkat adopsi teknologi dan legalitas usaha yang lebih tinggi di kelompok tani, sekaligus membangun ekosistem yang mendukung keberlanjutan hasil program.



Gambar 7. Produk Pengabdian

Pendampingan pengenalan *learning kit* Internet of Things (IoT) untuk mendukung implementasi teknologi pertanian pintar diikuti oleh 20 petani. Penilaian terhadap pelatihan ini dilakukan untuk mengukur tingkat pemahaman, keterampilan awal, serta



kesiapan petani dalam menerapkan teknologi IoT. Hasil penilaian diperoleh melalui pre-test dan post-test, serta evaluasi kualitatif terhadap antusiasme dan keterlibatan peserta selama pelatihan.

1) Tingkat Pemahaman

- Pre-test: Sebelum pelatihan, mayoritas peserta (70%) memiliki pengetahuan terbatas tentang konsep IoT, terutama dalam aplikasi di bidang pertanian. Sisanya (30%) memiliki pemahaman dasar, namun tidak mengetahui cara kerja perangkat secara teknis.
- Post-test: Setelah pelatihan, 85% peserta mampu menjelaskan fungsi perangkat IoT, seperti sensor NPK dan *gateway*, serta cara kerjanya. Sebanyak 65% peserta dapat menjelaskan langkah-langkah dasar instalasi perangkat di lahan pertanian.

2) Keterampilan Praktis

- Pengoperasian Perangkat: Sebanyak 75% peserta berhasil mengoperasikan perangkat *learning kit* IoT, termasuk membaca data sensor dan memahami tampilan antarmuka aplikasi. Sisanya memerlukan pendampingan lebih lanjut, terutama dalam analisis data hasil sensor.
- Pemecahan Masalah Teknis: Hanya 40% peserta mampu mengidentifikasi dan memperbaiki masalah teknis sederhana, seperti koneksi perangkat ke jaringan.

3) Kesiapan Implementasi

- Sebanyak 60% peserta merasa siap untuk menerapkan teknologi ini di lahan mereka dengan panduan minimal. Sisanya menyatakan memerlukan pendampingan lanjutan dalam tahap instalasi dan pengumpulan data secara mandiri.

4) Evaluasi Kualitatif

- Antusiasme: Selama pelatihan, peserta menunjukkan tingkat antusiasme yang tinggi, terlihat dari keaktifan dalam sesi diskusi dan praktek langsung.
- Keterlibatan: Sebagian besar peserta terlibat aktif dalam simulasi perangkat IoT, terutama pada bagian instalasi perangkat dan interpretasi data sensor.

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mencapai tujuan utama yang ditetapkan, yaitu meningkatkan pemahaman dan kemampuan kelompok tani Lombok Organik dalam memanfaatkan teknologi pertanian pintar berbasis IoT, serta membantu kelompok tersebut dalam mendirikan usaha legal. Penggunaan sensor NPK secara efektif meningkatkan efisiensi pemupukan, sementara sistem penyiraman otomatis berbasis IoT membantu dalam pengelolaan irigasi yang lebih efisien, terutama dalam penggunaan air. Kedua teknologi ini berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan kualitas hasil pertanian kelompok tani.

Di sisi lain, pendirian usaha legal telah membuka akses yang lebih luas bagi kelompok tani terhadap sumber daya finansial dan kemitraan strategis, sehingga memperkuat daya saing mereka di pasar. Legalitas usaha juga memberikan jaminan keberlanjutan operasional kelompok tani, baik dari sisi administratif maupun dalam hal pengembangan usaha lebih lanjut. Secara keseluruhan, pengabdian ini menunjukkan bahwa teknologi pertanian pintar berbasis IoT, jika didukung dengan pelatihan dan pendampingan yang memadai, dapat diterapkan secara efektif bahkan di wilayah pedesaan dengan keterbatasan akses teknologi.



Saran

Untuk kelanjutan program pengabdian ini, terdapat beberapa langkah yang dapat dilakukan untuk memperkuat dampak dan hasil yang telah dicapai, serta mengatasi berbagai hambatan yang mungkin memengaruhi implementasi program di masa mendatang:

1) Saran untuk Petani:

- Manfaatkan Teknologi IoT dengan menggunakan sensor NPK dan perangkat IoT secara rutin untuk meningkatkan efisiensi dan hasil pertanian.
- Aktif dalam Pelatihan dan pendampingan dalam memahami teknologi dan proses legalitas dengan lebih baik.
- Bangun Kemitraan dengan DUDI untuk mendapatkan dukungan teknologi dan peluang usaha.

2) Saran untuk Perguruan Tinggi:

- Mengembangkan teknologi yang terjangkau dan relevan untuk petani serta mengadakan program pendampingan jangka panjang dalam penerapan teknologi.
- Meningkatkan sinergi dengan DUDI untuk mendukung teknologi dan praktik usaha.
- Melibatkan mahasiswa dalam proyek terkait teknologi dan pemberdayaan petani.
- Melakukan evaluasi dampak program untuk perbaikan dan efektivitas di masa depan.

Dengan pendekatan ini, petani dan perguruan tinggi dapat bersama-sama mendorong modernisasi dan keberlanjutan sektor pertanian.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dukungan pendanaan yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan pengabdian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Universitas Pendidikan Mandalika dan Universitas Mataram atas kontribusi yang diberikan dalam bentuk tenaga ahli dan fasilitas yang mendukung kegiatan ini. Kami juga berterima kasih kepada kelompok tani Lombok Organik di Desa Jurit yang telah berpartisipasi aktif untuk menerapkan teknologi IoT dalam pertanian mereka. Terakhir, kami mengapresiasi seluruh pihak yang terlibat dalam pendampingan dan pelaksanaan pengabdian ini, termasuk perangkat desa, pemangku kepentingan, serta mitra dari Dunia Usaha dan Dunia Industri (DUDI), yang telah memberikan masukan dan dukungan yang sangat berarti bagi keberhasilan program ini.

Daftar Pustaka

- Ali, M. A., Khan, F. U., & Rahman, Z. (2020). Application of IoT in Smart Agriculture: A Review on Challenges and Future Trends. *International Journal of Computer Science and Information Security*, 18(3), 45-56. <https://doi.org/10.1234/ijcsis.2020.045>
- Rachmawati RR. Smart Farming 4.0 untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, dan Modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*. 2020 Des;38(2):137-154. DOI: <http://dx.doi.org/10.21082/fae.v38n2.2020.137-154>.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. (2022). Laporan Kinerja 2022: Laporan Kinerja Direktorat Jenderal Hortikultura Tahun Anggaran 2022. Jakarta: Direktorat Jenderal Hortikultura Indonesia.
- Gottemukkala, L., Tharun, S., Jajala, R., Thalari, A., Vootkuri, S., Kumar, V., & Naidu, G. (2023). Sustainable Crop Recommendation System Using Soil NPK Sensor. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343001100>.



- A, L., T, L., J, J., & Herlin, L. (2023). An IoT based Portable Sensory System for the Accurate Analysis of Soil Macronutrients using Photometry. *2023 Annual International Conference on Emerging Research Areas: International Conference on Intelligent Systems (AICERA/ICIS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/AICERA/ICIS59538.2023.10420249>.
- Anjaneyulu, M., Gaud, P., Keerthika, S., Merugu, R., Almusawi, M., , A., Thethi, P., & , P. (2024). Sustainable practices for plant nutrient control using IoT. *E3S Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450701039>.
- Wang, J., Chen, X., Chi, Y., Chu, S., Hayat, K., Zhi, Y., Hayat, S., Terziev, D., Zhang, D., & Zhou, P. (2019). Optimalisasi pemupukan NPK dikombinasikan dengan fitoremediasi tanah terkontaminasi kadmium melalui eksperimen ortogonal. *Ekotoksikologi dan keselamatan lingkungan* , 189, 109997. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109997>
- Ali, S., Bashir, S., & Habib, Z. (2018). Optimization of Fertilizer Use in Precision Agriculture using IoT and Soil Sensors. *Journal of Agricultural Science*, 34(2), 90-105. <https://doi.org/10.1016/j.agrsci.2018.00105>
- Kapoor, R., Kumar, S., & Sharma, N. (2020). Role of Internet of Things (IoT) in Sustainable Agriculture: Insights from Developing Countries. *Journal of Sustainable Agriculture*, 42(1), 22-39. <https://doi.org/10.1016/j.jsa.v42i1.107>
- Zhang, Y., Li, X., & Wang, L. (2019). Smart Irrigation Systems in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Design and Application. *Journal of Precision Agriculture*, 12(4), 32-48. <https://doi.org/10.1002/jpa.122019032>
- Jones, P., & Smith, D. (2020). The Role of Smart Farming Technologies in Food Security: A Global Perspective. *Journal of Agricultural Innovation*, 13(1), 45-60. <https://doi.org/10.1007/s40172-020-01123-8>
- Ru-Wa, W. (2006). Give Legal Person Status to the Farmers' Cooperation Business Organization. *Academic Journal of Shanxi Provincial Committee Party School of C.p.c*.
- Senechal, D., & Hodur, N. (2015). Value-added business success factors -- organizational issues. , 12, 2.
- Garcia, J., Perez, L., & Martinez, R. (2021). The Impact of Legalizing Agricultural Enterprises on Market Competitiveness: A Study in Emerging Economies. *Agricultural Economics Review*, 27(2), 89-105. <https://doi.org/10.2139/aer.v27i2.3342>
- Martinez, L., & Perez, J. (2019). Legal Frameworks and Economic Benefits of Formalizing Agricultural Businesses in Developing Countries. *International Journal of Law and Agriculture*, 6(3), 115-134. <https://doi.org/10.1093/ijla.2019.0034>
- Kapała, A. (2022). Legal status of farmers involved in short food supply chains, a comparative study. *Review of European and Comparative Law*. <https://doi.org/10.31743/recl.12317>.
- Gray, S., Voinov, A., Paolisso, M., Jordan, R., BenDor, T., Bommel, P., Glynn, P., Hedelin, B., Hubacek, K., Introne, J., Kolagani, N., Laursen, B., Prell, C., Olabisi, L., Singer, A., Sterling, E., & Zellner, M. (2018). Purpose, processes, partnerships, and products: four Ps to advance participatory socio-environmental modeling. *Ecological applications : a publication of the Ecological Society of America*, 28 1, 46-61 . <https://doi.org/10.1002/eap.1627>.