

Digital post-harvest transformation: Implementing IoT-based grain drying to enhance farmer welfare in Ngarum Village

Yulaikha Mar'atullatifah[✉], Dwi Utari Iswavigra, Nicky Gilang Wicaksono, Deny Prasetyo, Suyahman, Ardy Wicaksono, Mursalim, Himmatunnisak Mahmudah, Mustofa, Muhamad Faruq, Novela Putri Puspasari
Universitas Sugeng Hartono, Sukoharjo, Indonesia

[✉] yulaikhaam@gmail.com

 <https://doi.org/10.31603/ce.14994>

Abstract

Ngarum Village has a significant grain production potential of 43,459 tons per year, yet farmers face challenges with traditional drying processes that are vulnerable to sudden weather changes. This condition often leads to degraded grain quality and lower market prices. This community service program aims to increase productivity and economic value through the implementation of an Internet of Things (IoT)-based rain detection system. The methods include technical training, appropriate technology implementation, and continuous mentoring. Results indicate that IoT technology successfully maintains grain moisture at an optimal level of 14%, reduces post-harvest losses by 10%, and achieves an 80% adoption rate among farmers. Furthermore, the digitalization of farm management has increased the grain's selling price by 10%. The application of this technology has proven effective in improving post-harvest efficiency, enhancing harvest data accountability, and supporting sustainable farmer welfare.

Keywords: Digitalization; Internet of things; Grain drying; Agriculture; Productivity

Transformasi digital pasca panen: Implementasi IoT pada penjemuran gabah untuk peningkatan ekonomi petani desa Ngarum

Abstrak

Desa Ngarum memiliki potensi produksi gabah besar mencapai 43.459 ton per tahun, namun petani masih terkendala proses penjemuran tradisional yang rentan terhadap perubahan cuaca mendadak. Kondisi ini sering mengakibatkan penurunan kualitas gabah dan harga jual. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan produktivitas dan nilai ekonomi melalui penerapan sistem pendeteksi hujan berbasis Internet of Things (IoT). Metode pelaksanaan meliputi pelatihan teknis, penerapan teknologi tepat guna, serta pendampingan berkelanjutan. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa teknologi IoT mampu menjaga kadar air gabah pada level optimal 14%, mengurangi kerugian pascapanen hingga 10%, dan mencapai tingkat adopsi teknologi oleh petani sebesar 80%. Selain itu, digitalisasi manajemen usaha tani berhasil meningkatkan harga jual gabah sebesar 10%. Penerapan teknologi ini terbukti efektif meningkatkan efisiensi pasca panen, memperbaiki akuntabilitas data panen, dan mendukung kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Digitalisasi; Internet of things; Penjemuran gabah; Pertanian; Produktivitas

Contributions to
SDGs



Article History

Received: 09/09/25

Revised: 31/10/25

Accepted: 20/11/25

1. Pendahuluan

Sektor pertanian merupakan pilar utama perekonomian Indonesia, dengan kontribusi tenaga kerja mencapai lebih dari 28%. Salah satu wilayah strategis pendukung ketahanan pangan adalah Desa Ngarum, Kecamatan Ngrampal, Kabupaten Sragen, yang memiliki luas sawah 362,4 hektar dan produksi gabah mencapai 43.459 ton per tahun (Badan Pusat Statistik Kabupaten Sragen, 2024; Suwarno, 2010; Talaohu et al., 2019). Meskipun produktivitasnya tinggi, petani di Desa Ngarum masih mengandalkan metode pascapanen tradisional, yaitu penjemuran gabah di bawah sinar matahari langsung (Gambar 1). Metode ini sangat rentan terhadap perubahan cuaca mendadak, serangan hama, dan durasi pengeringan yang tidak menentu. Kondisi tersebut memicu kerugian pascapanen hingga lebih dari 10% (Mita & Rahmatiyah, 2025) serta menurunkan kualitas beras akibat kadar air gabah yang sulit distabilkan (Yuriansyah, 2017), yang pada akhirnya berimbas pada penurunan harga jual gabah di tingkat petani.



Gambar 1. Penjemuran gabah oleh petani dengan cara tradisional

Secara lebih spesifik, permasalahan prioritas yang dihadapi petani Desa Ngarum mencakup tiga aspek utama: produksi, manajemen usaha, dan pemasaran. Dari aspek produksi, inefisiensi penjemuran menyebabkan kualitas gabah menjadi tidak stabil (David & Davtaniel, 2023). Dari aspek manajemen, pencatatan hasil panen dan pengelolaan keuangan masih dilakukan secara manual sehingga rawan kehilangan data dan sulit dipantau. Padahal, digitalisasi manajemen usaha tani terbukti mampu meningkatkan daya saing produk di pasar secara signifikan (Konyep, 2020; Sudarwati & Nasution, 2024). Sementara itu, dari aspek pemasaran, rendahnya mutu gabah akibat proses pengeringan yang buruk membuat petani memiliki posisi tawar yang rendah dalam penentuan harga.

Sebagai solusi atas persoalan tersebut, implementasi teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan efisiensi tinggi melalui sistem pemantauan suhu dan kelembapan secara *real-time*. Penggunaan sensor cuaca dan notifikasi otomatis memungkinkan petani melakukan tindakan preventif saat hujan turun mendadak (Insan & Witanti, 2024; Laksono & Nurgiyatna, 2020). Teknologi ini dinilai tepat guna karena memiliki biaya operasional yang terjangkau, praktis, dan mudah dioperasikan oleh petani skala kecil (Gumbi et al., 2023; Ujianti et al., 2023). Berbagai kajian menunjukkan bahwa kontrol kadar air yang stabil melalui IoT dapat menjaga kualitas hasil panen sekaligus menekan risiko kerugian pascapanen hingga $\pm 10\%$ (Battaglia et al., 2024; Zhou et al., 2023).

Berdasarkan urgensi tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan nilai ekonomi petani Desa Ngarum melalui penerapan teknologi pendeteksi hujan berbasis IoT serta digitalisasi manajemen usaha tani. Melalui integrasi teknologi tepat guna ini, diharapkan kualitas hasil panen dapat diperbaiki, manajemen usaha menjadi lebih profesional, dan pada akhirnya mampu mendongkrak kesejahteraan petani secara berkelanjutan.

2. Metode

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada bulan Mei-Desember 2025 di Desa Ngarum, Kecamatan Ngrampal, Kabupaten Sragen. Sasaran kegiatan adalah kelompok tani padi, dengan jumlah peserta sosialisasi 100 orang petani. Kegiatan dilakukan untuk mengatasi permasalahan mitra melalui penerapan teknologi pendeteksi hujan berbasis IoT dan digitalisasi manajemen usaha tani. Metode pelaksanaan meliputi sosialisasi dan pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan, serta evaluasi.

Tahapan pelaksanaan kegiatan meliputi beberapa langkah berikut. *Pertama*, koordinasi dengan pemerintah desa dan kelompok tani untuk menentukan kebutuhan mitra, lokasi kegiatan, serta jadwal pelaksanaan. *Kedua*, sosialisasi dan pelatihan. Kegiatan sosialisasi dilaksanakan untuk mengenalkan konsep teknologi *internet of things* (IoT) dalam proses penjemuran gabah dan pentingnya digitalisasi usaha tani, sedangkan pelatihan dilakukan untuk memberikan keterampilan operasional penggunaan alat IoT dan pencatatan data panen secara digital. *Ketiga*, penerapan teknologi melalui instalasi perangkat IoT sebagai solusi deteksi hujan otomatis yang terhubung dengan sistem notifikasi. *Keempat*, pendampingan dan evaluasi kepada petani dalam penggunaan alat dan pencatatan panen digital. Evaluasi dilakukan melalui observasi, wawancara, dan pengukuran hasil untuk mengetahui perubahan kadar air gabah, tingkat kehilangan pascapanen, serta penerimaan petani terhadap teknologi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pelaksanaan kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian diawali dengan koordinasi antara tim pengabdian dan pemerintah desa dan pengurus Kelompok Tani Sri Rahayu. Koordinasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan petani terkait proses penjemuran gabah, terutama kerentanan gabah terhadap hujan mendadak. Hasil diskusi awal menunjukkan bahwa selama ini petani sering mengalami kerugian akibat gabah yang belum kering sempurna dan terpapar hujan, sehingga kualitas gabah menurun. Kondisi tersebut menjadi dasar perlunya penerapan teknologi peringatan dini berbasis (IoT).

Selanjutnya, dilakukan kegiatan sosialisasi yang dihadiri oleh petani dan perangkat desa ([Gambar 2](#)). Pada sesi ini, narasumber menyampaikan materi mengenai urgensi efisiensi pascapanen, potensi pemanfaatan teknologi dalam sektor pertanian, dan contoh implementasi IoT pada pertanian modern. Respons peserta pada kegiatan sosialisasi tergolong sangat baik. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya pertanyaan terkait cara kerja alat, jangkauan sinyal, dan kemungkinan pengembangan alat di lahan

pertanian lain. Diskusi berlangsung interaktif, menunjukkan bahwa peserta memiliki minat untuk mempelajari teknologi baru dan mengadopsinya dalam kegiatan pertanian.



Gambar 2. Kegiatan sosialisasi dengan petani Desa Ngarum

Kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan penggunaan alat IoT ([Gambar 3](#)). Pada tahap ini peserta diberikan pendampingan langsung mengenai langkah-langkah pemasangan alat, cara memantau notifikasi yang muncul saat terdeteksi hujan, serta prosedur perawatan sederhana. Narasumber juga menekankan pentingnya pencatatan hasil panen dan kadar air gabah secara berkala agar petani dapat mengevaluasi kualitas gabah dari musim ke musim. Peserta memberikan respons positif karena pelatihan dilakukan dengan metode demonstrasi langsung, sehingga memudahkan pemahaman dan mendorong kemampuan praktik mandiri.

Uji coba menunjukkan bahwa sistem notifikasi berjalan dengan baik, di mana petani menerima pemberitahuan melalui perangkat seluler ketika hujan mulai terdeteksi. Setelah penerapan berjalan selama beberapa minggu, petani melaporkan bahwa kualitas gabah meningkat dengan kadar air yang lebih stabil, serta risiko kerusakan gabah akibat hujan dapat ditekan. Selain itu, petani menjadi lebih sadar pentingnya manajemen pascapanen berbasis data, bukan hanya pengalaman atau perkiraan cuaca.



Gambar 3. Pelatihan penggunaan alat IoT

Tahap berikutnya adalah penerapan teknologi. Pada tahap ini dilakukan instalasi perangkat IoT pada area penjemuran gabah yang menjadi lokasi utama kegiatan pengeringan oleh petani ([Gambar 4](#)). Perangkat yang dipasang terdiri atas sensor hujan, mikrokontroler, modul Wi-Fi, serta sistem notifikasi yang terhubung melalui aplikasi pesan dan alarm suara. Uji coba dilakukan menggunakan simulasi kondisi hujan untuk

memperlihatkan secara langsung mekanisme kerja alat, sehingga petani dapat memahami fungsi dan manfaat sistem peringatan dini ini. Beberapa unit perangkat kemudian didistribusikan sebagai *pilot project* dan dioperasikan secara mandiri oleh petani. Penerapan teknologi ini terbukti membantu petani memantau kondisi lingkungan secara *real-time*, seperti curah hujan, suhu, dan kelembaban, sehingga tindakan preventif terhadap potensi kerusakan gabah dapat dilakukan lebih cepat dan tepat (Gitakarma et al., 2025; Jabbari et al., 2023; Kalyani et al., 2024).



Gambar 4. Instalasi alat IoT

Kegiatan selanjutnya pendampingan dan evaluasi. Tim pengabdian melakukan kunjungan berkala untuk memantau kinerja alat serta memberikan bimbingan lanjutan terkait penggunaan sistem pencatatan digital hasil panen. Evaluasi dilakukan melalui wawancara untuk menilai tingkat pemahaman, kemudahan penggunaan, serta kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi (Gambar 5). Keberhasilan program ditunjukkan melalui beberapa indikator, yaitu stabilitas kadar air gabah pada kisaran 14–15%, penurunan kerugian pascapanen hingga 10%, peningkatan adopsi teknologi oleh lebih dari 80% petani anggota kelompok, serta peningkatan harga jual gabah sekitar 10%. Selain itu, evaluasi juga mencakup penilaian kesiapan mitra dalam keberlanjutan program pada aspek teknis, operasional, dan pembiayaan.



Gambar 5. Proses pendampingan

3.2. Evaluasi kegiatan

Hasil pelaksanaan pengabdian menunjukkan empat capaian utama yang mencakup aspek produksi, adopsi teknologi, manajemen usaha, dan pemasaran. *Pertama*, dari

aspek produksi, penerapan teknologi IoT berhasil mempertahankan kadar air gabah pada tingkat optimal sebesar 14% ([Gambar 6](#)). Penggunaan sensor kelembapan memungkinkan petani menentukan waktu yang tepat untuk menghentikan penjemuran, sehingga mutu gabah tetap terjaga dan risiko kerusakan akibat cuaca dapat diminimalisir. [Putri et al. \(2023\)](#) menegaskan bahwa akurasi pengukuran kadar air adalah faktor kunci dalam menentukan kualitas beras giling, seperti warna, aroma, dan rendahnya tingkat kepatahan butir.



[Gambar 6. Pengukuran kadar air gabah dengan moisture meter](#)

Selain kualitas, aspek kuantitas juga meningkat di mana persentase kerugian pascapanen berhasil ditekan hingga 10%. Hal ini sejalan dengan temuan [Sun et al. \(2023\)](#) yang menunjukkan bahwa monitoring berbasis IoT mengurangi kerugian melalui pengaturan kadar air yang terukur. Pemantauan secara *real-time* ini memberikan ruang bagi petani untuk melakukan tindakan responsif yang lebih cepat ([Shahab et al., 2025](#)).

Kedua, dari aspek adopsi teknologi, lebih dari 80% petani peserta pelatihan telah mampu mengoperasikan perangkat IoT secara mandiri. Respon positif muncul terutama pada fitur pemberitahuan otomatis melalui ponsel dan alarm fisik. Petani mengakui bahwa sistem peringatan dini ini sangat krusial dalam menyelamatkan jemuran gabah saat terjadi hujan mendadak, yang sebelumnya menjadi kendala utama di Desa Ngarum.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

Tanggal	Uraian	Jumlah (Kg)	Harga per Kg	Total (Rp)
05/03/2025	Penjualan gabah ke penggilingan	500	Rp 6.000	Rp 3.000.000
12/03/2025	Penjualan beras kemasan 5kg (20 sak)			Rp 1.200.000
	Total Pemasukan			Rp 4.200.000

[Gambar 7. Pencatatan keuangan sederhana di Ms. Excel](#)

Ketiga, dari aspek manajemen usaha, kegiatan ini berhasil menginisiasi peralihan dari pencatatan manual ke digital sederhana menggunakan Microsoft Excel ([Gambar 7](#)). Pelatihan ini menjadi solusi atas permasalahan klasik mitra, yaitu tercampurnya

keuangan usaha dengan keuangan pribadi (Fajriah et al., 2024). Dengan sistem yang lebih rapi, kelompok tani kini dapat memantau data produksi, distribusi, dan keuangan musim per musim secara lebih transparan dan terarah.

Keempat, dari aspek pemasaran, peningkatan kualitas gabah berdampak langsung pada kenaikan harga jual rata-rata sebesar 10%. Gabah yang lebih utuh dan berwarna cerah meningkatkan minat pembeli serta memperkuat daya saing produk Desa Ngarum di pasar lokal. Perbandingan signifikan sebelum dan sesudah program disajikan secara detail pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel perbandingan sebelum dan sesudah program

Aspek	Sebelum Program	Setelah Program	Perubahan
Kadar air gabah	16-18%	14%	Lebih stabil
Kerugian pasca panen	±20% akibat hujan mendadak	±10% setelah penerapan IoT	Berkurang 10%
Harga jual rata-rata	Rp 6.500/kg	Rp 7.000/kg	Naik ±10%
Kualitas beras giling	Banyak butir patah, warna kurang cerah	Lebih utuh, warna cerah, aroma baik	Lebih berkualitas
Respon pasar	Pembeli kurang minat, harga ditekan	Pembeli minat, harga kompetitif	Daya saing meningkat

Secara keseluruhan, model pemberdayaan berbasis teknologi tepat guna ini terbukti efektif memberikan dampak ganda (*multiplier effect*). Inovasi sensor hujan berbasis IoT tidak hanya menyelesaikan persoalan teknis di lapangan, tetapi juga memicu transformasi manajerial yang mendukung keberlanjutan usaha tani. Keberhasilan ini membuktikan bahwa integrasi teknologi digital dan penguatan kapasitas SDM adalah kunci dalam mendukung ketahanan pangan serta meningkatkan kesejahteraan masyarakat petani. Model ini memiliki potensi besar untuk direplikasi di wilayah lain dengan karakteristik tantangan serupa.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Ngarum berhasil menunjukkan bahwa penerapan teknologi tepat guna mampu memberikan dampak signifikan bagi petani. Penerapan sensor hujan berbasis IoT terbukti efektif dalam memberikan peringatan dini, baik melalui notifikasi ponsel maupun bunyi alarm, sehingga petani dapat segera mengamankan gabah dari hujan mendadak. Hal ini berkontribusi pada penurunan kerugian pascapanen dari sekitar 20% menjadi 10% serta menjaga kadar air gabah tetap stabil pada angka 14%. Stabilitas kadar air ini berdampak langsung pada peningkatan mutu beras yang dihasilkan, sehingga lebih berkualitas dan memiliki daya saing yang lebih baik di pasar.

Selain aspek produksi, kegiatan ini juga membawa perubahan penting dalam manajemen usaha tani. Melalui digitalisasi pencatatan hasil panen dan pengelolaan keuangan, petani kini lebih mudah memantau produksi, melakukan perbandingan antar musim, serta menyusun strategi distribusi dan pemasaran secara lebih terarah. Perubahan ini menjadikan manajemen usaha tani lebih sistematis, transparan, dan akuntabel. Dampak lain yang dirasakan adalah pada aspek pemasaran, di mana peningkatan kualitas gabah membuat harga jual naik rata-rata sebesar sepuluh persen.

Kenaikan ini memberikan tambahan pendapatan bagi petani sekaligus memperkuat posisi gabah Desa Ngarum di pasar lokal. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini tidak hanya menyelesaikan masalah teknis penjemuran, tetapi juga memperkuat aspek mutu, manajemen usaha, serta pemasaran produk pertanian.

Secara keseluruhan, keberhasilan program ini membuktikan bahwa sinergi antara penerapan teknologi pertanian modern dan penguatan manajemen usaha tani dapat meningkatkan produktivitas sekaligus kesejahteraan petani. Model pemberdayaan ini layak direplikasi di wilayah lain sebagai langkah nyata dalam mendukung ketahanan pangan nasional secara berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Universitas Sugeng Hartono selaku almamater kampus kami, Pemerintah Desa Ngarum Kecamatan Ngrampal Kabupaten Sragen yang bersedia menjadi tempat pelaksanaan pengabdian masyarakat, dan Kelompok Tani Sri Rahayu Desa Ngarum yang berpartisipasi aktif dalam kegiatan dan berkenan menjadi mitra pengabdian kami, serta seluruh pihak yang mendukung terlaksananya kegiatan ini.

Kontribusi Penulis

Pelaksana kegiatan: YM, DUI, NGW, DP, S, AW, M, HM, M, MF, NPP; Penyiapan artikel: YM, NGW, S, M, MF, NPP; Penyajian hasil: YM, DUI, DP, M, MF, NPP; Analisis hasil pengabdian: YM, DP, AW, M, HM; Evaluasi kegiatan: YM, HM, M, MF.

Konflik Kepentingan

Seluruh penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan finansial atau non-finansial yang terkait dengan artikel ini.

Pendanaan

Seluruh kegiatan pengabdian masyarakat dan publikasi artikel dibiayai oleh Hibah BIMA DPPM Kemendiktisaintek Tahun 2025.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sragen. (2024). *Kecamatan Ngrampal dalam angka 2024*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sragen.
- Battaglia, V., Vanoli, L., & Zagni, M. (2024). Economic benefits of Renewable energy communities in smart districts: A comparative analysis of incentive schemes for NZEBs. *Energy and Buildings*, 305, 113911. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.113911>
- David, H. J., & Davtaniel, S. (2023). Analisis mutu gabah dan beras dari berbagai agroekosistem di Kalimantan Barat. *Cannarium (Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian)*, 21(2), 57–62. <https://doi.org/10.33387/cannarium.v21i2.6836.g4439>

- Fajriah, A. N., Murni, M., & Khalil, M. (2024). Optimizing the traditional cake business of Adek Kak Na: Enhancing product shelf life and digital-based business management. *Community Empowerment*, 9(11), 1683–1691. <https://doi.org/10.31603/ce.12530>
- Gitakarna, M. S., Ariawan, K. U., Indrawan, G., & Pracasitaram, I. G. M. S. B. (2025). Pemantauan lingkungan pertanian dengan menggunakan weather station berbasis IoT: Solusi efektif untuk petani di era digital. *Jurnal Komputer Dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, 4(1). <https://doi.org/10.37637/komteks.v4i1.2234>
- Gumbi, N., Dlamini, S., & Moyo, T. (2023). Towards sustainable digital agriculture for smallholder farmers: A systematic review. *Sustainability*, 15(9), 7342. <https://doi.org/10.3390/su15097342>
- Insan, F. M., & Witanti, A. (2024). Implementasi Internet of Things pada controlling dan monitoring penjemuran bulir padi. *ANTIVIRUS: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*, 18(1), 1–12. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v18i1.3176>
- Jabbari, A., Humayed, A., Reegu, F. A., Uddin, M., Gulzar, Y., & Majid, M. (2023). Smart Farming Revolution: Farmer's Perception and Adoption of Smart IoT Technologies for Crop Health Monitoring and Yield Prediction in Jizan, Saudi Arabia. *Sustainability*, 15(19), 14541. <https://doi.org/10.3390/su151914541>
- Kalyani, Y., Vorster, L., Whetton, R., & Collier, R. (2024). Application Scenarios of Digital Twins for Smart Crop Farming through Cloud–Fog–Edge Infrastructure. *Future Internet*, 16(3), 100. <https://doi.org/10.3390/fi16030100>
- Konyep, S. (2020). Upaya pencapaian swasembada pangan melalui membumikan padi amfibi Balitbangtan di Provinsi Papua Barat. *Jurnal Triton*, 11(2), 32–41. <https://doi.org/10.47687/jt.v11i2.115>
- Laksono, S. S., & Nurgiyatna. (2020). Sistem pengukur curah hujan sebagai deteksi dini kekeringan pada pertanian. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 20(2).
- Mita, A. J. K., & Rahmatiyah. (2025). Pengaruh durasi penjemuran terhadap kualitas gabah padi pada proses pengeringan. *Botani: Publikasi Ilmu Tanaman Dan Agribisnis*, 2(1), 191–198. <https://doi.org/10.62951/botani.v2i1.179>
- Putri, R. E., Pratama, W. E., & Ifmalinda. (2023). Application of capacitive sensor for measuring grain moisture content based on Internet of Things. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 11(1), 29–40. <https://doi.org/10.19028/jtep.011.1.29-40>
- Shahab, H., Rehman, A., & Ali, S. (2025). IoT-driven smart agricultural technology for real-time soil and climate monitoring. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 50, 1123–1138. <https://doi.org/10.1007/s13369-024-08912-7>
- Sudarwati, L., & Nasution, N. F. (2024). Upaya pemerintah dan teknologi pertanian dalam meningkatkan pembangunan dan kesejahteraan petani di Indonesia. *Jurnal Kajian Agraria Dan Kedaulatan Pangan*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.32734/jkakp.v3i1.15847>
- Sun, J., Zhou, J., He, Y., Jia, H., & Liang, Z. (2023). RL-DeepLabv3+: A lightweight rice lodging semantic segmentation model for unmanned rice harvester. *Computers and Electronics in Agriculture*, 209(1), 107823. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107823>
- Suwarno. (2010). Meningkatkan produksi padi menuju ketahanan pangan yang lestari. *Jurnal Pangan: Media Komunikasi Dan Informasi*, 19(3), 233–243.
- Talaohu, M., Matitaputty, I. T., & Sangadji, M. (2019). Analisis peranan sektor pertanian dan pengembangannya di Kabupaten Buru. *Cita Ekonomika: Jurnal Ekonomi*, 13(2), 96–112.

- Ujianti, R. M. D., Wibowo, S., & Kunaryo, B. H. (2023). Implementation Internet of Things-Based Catfish Aquaculture to Measure Water Quality and Minimize Pond Waste. *Community Empowerment*, 8(9), 1348–1354. <https://doi.org/o>
- Yuriansyah. (2017). Evaluasi kualitas beras giling beberapa galur harapan padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(1), 66–76. <https://doi.org/10.25181/jppt.v17i1.42>
- Zhou, X., Qian, S., & Yu, J. (2023). Study on aroma release of chocolate jelly based on bionic chewing. *Journal of Food Engineering*, 353(2), 111552. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111552>



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
