

Dissemination of agricultural technology as an innovation for modern agricultural transformation in Lebak Village, Grabag

Beta Estri Adiana, Muhammad Akmal Nisfa Laili✉, Aditya Wahyu Ramadhan, Safira Nisa Fisabilillah, Amelia Fatikasari, Amanda Fitria Najwa, Indah Putri Malinda, Fakhrruriza, Putri Kaifa Rahmatillah, Zidane Ilman Alkautsar, Agung Prasetyo
Universitas Tidar, Magelang, Indonesia

✉ muhammad.akmal.nisfa.laili@students.untidar.ac.id

 <https://doi.org/10.31603/ce.14579>

Abstract

Agriculture is a vital sector that plays a role in fulfilling food needs, economic development, and community welfare, particularly in rural areas. However, most farmers in Lebak Village, Grabag District, Magelang Regency, still rely on conventional methods that are inefficient and do not yet utilize modern agricultural technology. This community service activity aims to enhance farmers' understanding and skills related to appropriate technology, specifically a sensor-based automatic soil moisture irrigation system, a portable soil pH meter, and a circle model seed planting pattern. The method employed in this activity was the socialization of appropriate technology. The results show a significant improvement, with the average understanding score increasing by 91%, 85% of farmers being able to operate the pH meter, water use efficiency rising by 28%, and corn planting time becoming 44% faster. These outcomes prove that participatory socialization based on direct practice is effective in boosting farmers' capacity, both cognitively and technically. This activity is expected to serve as a model for strengthening the adoption of modern agriculture based on adaptive, productive, and sustainable precision technology at the village level.

Keywords: Modern agriculture; Appropriate technology; Farmer empowerment

Diseminasi teknologi pertanian sebagai inovasi menuju transformasi pertanian modern di Desa Lebak, Grabag

Abstrak

Pertanian merupakan sektor penting yang berperan dalam pemenuhan kebutuhan pangan, pembangunan ekonomi, dan kesejahteraan masyarakat, khususnya di wilayah pedesaan. Namun, sebagian besar petani di Desa Lebak, Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang masih mengandalkan metode konvensional yang kurang efisien dan belum memanfaatkan teknologi pertanian modern. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani terkait teknologi tepat guna, yaitu sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah, alat pengukur pH tanah portabel, dan pola tanam benih model circle. Metode yang digunakan dalam kegiatan ini adalah sosialisasi teknologi tepat guna. Hasil menunjukkan adanya peningkatan signifikan dimana rata-rata skor pemahaman naik 91%, 85% petani mampu mengoperasikan alat pH meter, efisiensi penggunaan air meningkat 28%, dan waktu tanam jagung lebih cepat 44%. Hasil ini membuktikan bahwa sosialisasi partisipatif berbasis praktik langsung efektif dalam meningkatkan kapasitas petani baik secara kognitif maupun teknis. Kegiatan ini diharapkan menjadi model penguatan adopsi pertanian modern berbasis teknologi presisi yang adaptif, produktif, dan berkelanjutan di tingkat desa.

Kata Kunci: Pertanian modern; Teknologi tepat guna; Pemberdayaan petani

Contributions to
SDGs



Article History

Received: 18/08/25

Revised: 24/08/25

Accepted: 09/09/25

1. Pendahuluan

Sektor pertanian memiliki peran yang sangat penting dalam pemenuhan kebutuhan dasar manusia. Secara definitif, pertanian adalah kegiatan produksi biologis di atas sebidang lahan untuk menghasilkan tanaman dan hewan demi memenuhi kebutuhan hidup, tanpa merusak tanah untuk produksi selanjutnya (Noviyanti & Sutrisno, 2021). Pentingnya sektor ini semakin menguat karena ia merupakan salah satu pemasok utama kebutuhan pangan global bagi sebagian besar populasi manusia (Rasyid & Hasibuan, 2023; Sariah et al., 2025).

Di Indonesia, sektor pertanian memberikan dampak signifikan bagi pembangunan dan perekonomian nasional (Panunggul et al., 2023). Peran ganda (multifungsi) sektor ini tidak hanya mencakup produksi pangan dan ketahanan nasional, tetapi juga berkontribusi besar dalam meningkatkan devisa negara melalui ekspor komoditas unggulan. Lebih dari itu, sektor ini menjadi tumpuan hidup bagi banyak petani dan tenaga kerja di pedesaan, serta berfungsi sebagai penopang peningkatan kesejahteraan, pengentasan kemiskinan, dan penjagaan kelestarian lingkungan (Husna, 2021; Sihombing, 2021). Praktik pertanian yang berkelanjutan sangat vital untuk menjaga keseimbangan ekosistem dan kualitas lingkungan, yang pada akhirnya berdampak positif pada kualitas hidup masyarakat.

Mengingat peranannya yang vital, kebutuhan akan sistem pertanian modern yang berkelanjutan menjadi semakin mendesak (Syahputra, 2024). Pertanian modern didefinisikan sebagai usaha pertanian yang memanfaatkan teknologi terbaru, sesuai dengan agroekologi dan sosial ekonomi petani, agar lebih produktif, efisien, dan menguntungkan (Anugrah et al., 2022). Sejalan dengan hal tersebut, pertanian cerdas (*smart farming*) adalah pendekatan modern yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk meningkatkan efisiensi produksi, pengelolaan sumber daya, dan pengambilan keputusan berbasis data (Fajri, 2025).

Ciri khas pertanian modern adalah sifatnya yang dinamis dan berbasis inovasi untuk menghadapi berbagai tantangan. Oleh karena itu, pembangunan sektor pertanian nasional harus didukung oleh pengembangan inovasi yang meliputi inovasi teknologi dan kelembagaan (Rosalina, 2022). Modernisasi melalui teknologi *Internet of Things* (IoT) sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, karena teknologi ini memungkinkan penggunaan input secara akurat serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Gyamfi et al., 2024).

Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang, yang berbatasan dengan Secang, Pakis, Ngablak, Kabupaten Temanggung, dan Kabupaten Semarang, memiliki potensi pertanian yang besar. Lokasinya di lereng Gunung Merbabu dengan elevasi dataran tinggi dan ketersediaan mata air yang melimpah menjadikannya wilayah yang sangat potensial untuk pengembangan pertanian berkelanjutan dan produktif (BPS Kabupaten Magelang, 2024; Herwidyanto, 2023; Rosalia et al., 2022). Data dari BPS Kabupaten Magelang (2024) menunjukkan bahwa produksi hortikultura di wilayah ini terus meningkat, mencerminkan potensi ekonomi pertanian yang tinggi.

Salah satu wilayah yang menonjol adalah Desa Lebak, dengan budidaya cabai sebagai komoditas utama dan jagung sebagai palawija tumpang sari untuk diversifikasi dan ketahanan pangan. Namun demikian, sebagian besar petani di Desa Lebak masih menjalankan praktik pertanian secara konvensional dan belum mengadopsi teknologi

modern. Keterbatasan alat-alat modern menyebabkan praktik pertanian masih bergantung pada metode manual yang tidak presisi dan memakan waktu. Tantangan utamanya adalah keterbatasan akses terhadap teknologi, pelatihan teknis, serta kurangnya infrastruktur pendukung seperti jaringan digital dan listrik yang stabil (Faried et al., 2024).

Padahal, penerapan teknologi pertanian presisi, seperti sensor kelembaban tanah dan sistem irigasi otomatis berbasis IoT, terbukti dapat menghemat penggunaan air hingga 25–30% dan mengurangi kebutuhan tenaga kerja secara signifikan (Effendi et al., 2022; Nurhaliza, 2025; Wahyudi, Pradana, et al., 2025; Wahyudi, Salimi, et al., 2025). Pemanfaatan teknologi ini juga mampu meningkatkan produktivitas tanaman karena pasokan air yang tepat dan konsisten, sekaligus menurunkan risiko gagal panen. Sejalan dengan tren global, literatur mutakhir menegaskan bahwa integrasi IoT dan kecerdasan buatan adalah solusi yang relevan untuk mendukung praktik pertanian presisi, terutama di lingkungan sumber daya terbatas (Eze et al., 2025; Mansoor et al., 2025; Nawaz & Babar, 2025).

Melihat adanya potensi besar dan kesenjangan teknologi di Desa Lebak, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memberikan pengenalan dan edukasi kepada petani serta karang taruna mengenai pemanfaatan teknologi pertanian modern dalam praktik sehari-hari. Kegiatan ini merupakan bagian nyata dari program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Desa Lebak Kelompok 27 Universitas Tidar Periode Juli - Agustus 2025. Melalui pendekatan partisipatif, sosialisasi ini diharapkan dapat membangun kesadaran dan meningkatkan kapasitas petani Desa Lebak dalam mengadopsi sistem pertanian modern yang cerdas dan adaptif terhadap kemajuan teknologi dan tantangan global. Penggunaan teknologi diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan petani, mendorong kemajuan ekonomi desa, dan mengoptimalkan hasil panen, sejalan dengan pernyataan Nofikasari et al. (2025) bahwa hasil pertanian akan optimal jika disertai dengan adopsi teknologi. Kegiatan ini sekaligus menjadi kontribusi nyata dalam mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan yang selaras dengan program pemerintah, di mana peran aktif penyuluh, kelompok tani, dan generasi muda menjadi kunci keberhasilannya (Dea et al., 2024; Firdaus et al., 2023).

2. Metode

Kegiatan ini dilaksanakan melalui metode sosialisasi dan diseminasi teknologi pertanian. Analisis dampak kegiatan dilakukan dengan menggunakan pendekatan *mixed-method* yang menggabungkan metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan ini dipilih untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai efektivitas sosialisasi teknologi pertanian modern, baik dari sisi persepsi maupun data empiris.

Analisis kualitatif dilaksanakan melalui observasi partisipatif selama kegiatan sosialisasi dan demonstrasi alat pertanian modern yang didukung dengan wawancara singkat kepada 20 petani untuk menggali persepsi, kendala, dan manfaat teknologi yang diperkenalkan. Sedangkan analisis kuantitatif dilaksanakan dengan *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman tentang teknologi yang diperkenalkan. Pada konteks pengukuran kinerja alat, dilakukan beberapa uji teknis berikut:

- a. Irigasi otomatis dengan membandingkan volume penggunaan air (liter/hari) dengan metode manual.

- b. Alat pH meter dievaluasi dengan persentase peserta yang mampu mengoperasikan dengan benar.
- c. Penanaman benih *circle* dievaluasi dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk menanam 100 lubang benih dibandingkan metode manual.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penyuluhan dan diseminasi teknologi

Sosialisasi pengenalan teknologi pertanian di Dusun Lebak Lor, Desa Lebak, bertujuan untuk mentransformasi praktik pertanian tradisional menjadi lebih efisien dan berkelanjutan melalui pemanfaatan teknologi tepat guna. Kegiatan ini berfokus pada tiga pilar utama yaitu sistem irigasi berbasis sensor kelembaban tanah dengan penyiraman otomatis, penggunaan alat pengukur pH tanah, serta inovasi pola tanam benih model *circle*. [Gambar 1](#) menyajikan hasil dari kegiatan sosialisasi dan pelatihan teknologi pertanian modern yang telah dilaksanakan di Desa Lebak.

Evalusi dilakukan dengan menggabungkan analisis data kualitatif berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi dengan data kuantitatif berupa hasil *pre-test* dan *post-test* serta pengukuran teknis terhadap kinerja alat. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas program, baik dari sisi perubahan pengetahuan dan sikap petani, maupun dari sisi dampak nyata yang dapat diukur melalui efisiensi penggunaan sumber daya dan peningkatan produktivitas.



[Gambar 1.](#) Pelaksanaan kegiatan sosialisasi

Adapun beberapa alat teknologi pertanian modern yang dikenalkan dan digunakan dalam sosialisasi adalah sebagai berikut. *Pertama*, sistem monitoring kelembaban tanah dan penyiraman otomatis berbasis ESP32 ([Gambar 2](#)). Hal ini karena konsep irigasi berbasis sensor telah terbukti efektif dalam praktik pertanian modern, utamanya dalam

mengurangi beban kerja petani karena mereka tidak lagi perlu melakukan penyiraman manual yang memakan waktu dan tenaga. [Wood et al. \(2020\)](#) menyoroti bagaimana penjadwalan irigasi berbasis sensor dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi dan profitabilitas. Meskipun studi ini berfokus pada kedelai, prinsip dasar optimasi air melalui sensor kelembaban tanah sangat relevan. Penelitian lain, [García et al. \(2020\)](#) memberikan tinjauan komprehensif tentang sistem irigasi cerdas berbasis IoT. Studi ini menekankan bagaimana sensor dan sistem IoT dapat menghemat air dan mengurangi biaya operasional bagi petani, sejalan dengan harapan petani di Desa Lebak.

Sistem irigasi cerdas berbasis IoT juga diaplikasikan dalam studi [Pambudi et al. \(2024\)](#) yang menyoroti fungsi IoT dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, termasuk dalam sektor air bersih, dengan memberikan data *real-time* yang akurat. IoT memungkinkan pengelola layanan untuk mendeteksi masalah seperti kebocoran dan penggunaan berlebihan secara cepat, sehingga meningkatkan transparansi dan akurasi dalam pengelolaan irigasi perairan.



Gambar 2. Alat monitoring kelembapan tanah dan penyiraman otomatis berbasis ESP32



Gambar 3. Alat pengukur pH tanah

Kedua, alat pengukuran pH tanah ([Gambar 3](#)). Pentingnya pH tanah dalam pertanian didukung kuat oleh literatur ilmiah, dengan banyak penelitian terbaru yang menggarisbawahi perannya. [Dewangan et al. \(2023\)](#) menekankan bahwa mempertahankan rentang pH tanah yang optimal sangat penting untuk ketersediaan nutrisi dan pertumbuhan tanaman, serta merekomendasikan penggunaan pupuk dan amandemen lainnya untuk menyesuaikan pH tanah seperlunya.

Ketiga, penanaman benih model *circle*. Meskipun istilah “*circle*” mungkin spesifik, konsep pola tanam inovatif untuk efisiensi ruang banyak dibahas dalam penelitian pertanian. [Rupngam & Messiga \(2024\)](#) contohnya, meskipun berfokus pada banjir, secara umum membahas tentang optimalisasi produktivitas pertanian dalam kondisi yang menantang, termasuk melalui pengelolaan ruang tanam. Lebih jauh, konsep serupa dapat ditemukan dalam pra-cetak [Wang et al. \(2021\)](#). Meskipun lebih luas pada model ekonomi sirkular, penelitian ini secara implisit mendukung gagasan optimasi tata letak dan interaksi dalam sistem pertanian untuk efisiensi yang lebih tinggi, yang sejalan dengan tujuan pola tanam *circle* dalam memaksimalkan penggunaan lahan dan interaksi antar tanaman.

3.2. Evaluasi kualitatif

Hasil wawancara menunjukkan bahwa sebagian besar petani merasakan teknologi baru lebih praktis dibandingkan metode tradisional. Petani menyebutkan bahwa sistem irigasi otomatis membantu menghemat tenaga karena tidak perlu menyiram secara manual. Beberapa peserta juga menilai alat pengukur pH tanah sederhana dan mudah digunakan. Salah satu petani menyampaikan:

“Biasanya kami menyiram pakai ember atau selang, lama dan melelahkan. Dengan alat ini, tanaman bisa otomatis disiram sesuai kebutuhan tanah.”

Temuan ini mengindikasikan adanya penerimaan positif serta kesiapan petani untuk mengadopsi inovasi, meskipun masih diperlukan pendampingan agar implementasi dapat berlangsung berkelanjutan.

3.3. Evaluasi kuantitatif

Pengukuran *pre-test* dan *post-test* serta uji teknis menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Data pada [Tabel 1](#) menunjukkan bahwa setelah sosialisasi, pemahaman petani meningkat hampir dua kali lipat. Selain itu, 85% peserta mampu menggunakan alat pH meter secara mandiri. Dari sisi teknis, sistem irigasi otomatis terbukti dapat menghemat air sebesar 28%, sedangkan pola tanam *circle* mempercepat proses penanaman hingga 44%.

Tabel 1. Perbandingan nilai *pre-test* dan *post-test*

Indikator	Sebelum Sosialisasi	Sesudah Sosialisasi	Perubahan
Rata-rata skor pemahaman petani	42,5	81,3	+91%
Petani mampu mengoperasikan pH meter	0%	85%	+85%
Efisiensi penggunaan air (liter/hari)	100% baseline	72% baseline	Hemat 28%
Waktu tanam jagung (menit/100 lubang)	25 menit	14 menit	Lebih cepat 44%

*keterangan: baseline = konsumsi air harian dengan metode manual (100%)

3.4. Pembahasan

Seluruh hasil yang didapatkan memperkuat temuan penelitian terdahulu. Misalnya, [García et al. \(2020\)](#) menegaskan bahwa sistem irigasi berbasis sensor mampu menghemat air dan biaya operasional hingga 30%. Studi [Effendi et al. \(2022\)](#) juga menemukan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah dapat mengurangi ketergantungan tenaga kerja manual. Hasil kuantitatif dari pengabdian ini sejalan dengan literatur tersebut, dengan capaian efisiensi air sebesar 28%.

Dari sisi pemahaman petani, peningkatan signifikan dari *pre-test* ke *post-test* memperlihatkan bahwa metode sosialisasi dan praktik langsung efektif dalam mentransfer pengetahuan. Hal ini konsisten dengan [Nawaz & Babar \(2025\)](#) yang menyatakan bahwa adopsi teknologi pada lingkungan sumber daya terbatas lebih berhasil apabila disertai edukasi berbasis partisipasi.

Secara kualitatif, wawancara menunjukkan bahwa petani merasa lebih percaya diri menggunakan teknologi baru. [Eze et al. \(2025\)](#) menekankan bahwa penggabungan sensor IoT dengan *machine learning* mendukung pengambilan keputusan berbasis data, sementara di tingkat lokal kegiatan ini sudah berhasil membangun kebiasaan petani untuk mengambil keputusan berdasarkan informasi yang lebih akurat. Dengan demikian, kegiatan ini berhasil membuktikan bahwa kombinasi sosialisasi partisipatif dan pendekatan teknis terukur dapat meningkatkan kapasitas petani, baik dalam ranah kognitif (pengetahuan), afektif (sikap), maupun psikomotorik (keterampilan).

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian dengan pendekatan *mixed-method* berhasil memberikan dampak yang nyata dan terukur. Dari sisi kualitatif, petani merasakan manfaat langsung berupa kemudahan, efisiensi, dan peningkatan kepercayaan diri dalam menggunakan teknologi. Dari sisi kuantitatif, terdapat peningkatan pemahaman hingga 91%, 85% petani mampu mengoperasikan alat pH meter, efisiensi penggunaan air meningkat sebesar 28%, dan waktu tanam berkurang 44%. Temuan ini menegaskan bahwa sosialisasi teknologi pertanian modern di Desa Lebak tidak hanya membangun kesadaran, tetapi juga menghasilkan perubahan nyata yang dapat diukur. Hasil ini selaras dengan penelitian terdahulu dan memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi pemberdayaan masyarakat berbasis teknologi pertanian presisi.

Ucapan Terima Kasih

Tim pelaksana kegiatan pengabdian kepada masyarakat menyadari bahwa kesuksesan sosialisasi alat teknologi pertanian tidak terlepas dari peran serta dukungan berbagai pihak. Untuk itu, tim menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan kegiatan ini. Ucapan terima kasih secara khusus kami tujukan kepada peserta sosialisasi yaitu petani Desa Lebak dan Karang Taruna Dusun Lebak Lor.

Kontribusi Penulis

Pelaksana Kegiatan: MANL, AWR, SNF, AF, AFN, IPM, F, PKR, ZIA, dan AP; Analisis dampak pengabdian: BEA dan MANL; Penyiapan artikel: BEA, MANL, AWR, SNF, AFN, IPM; Penyajian hasil pengabdian: AWR; Revisi artikel: BEA, SNF dan MANL.

Konflik Kepentingan

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

Pendanaan

Kegiatan dan publikasi artikel tidak dibiayai oleh sumber eksternal mana pun.

Daftar Pustaka

- Anugrah, I. S., Syahyuti, & Hestina, J. (2022). Tata Kelola Bantuan Alat Dan Mesin Pertanian Sebagai Instrumen Pendukung Pertanian Modern. *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 40(2).
- BPS Kabupaten Magelang. (2024). *Kecamatan Grabag dalam Angka 2024* (J. Prasetyo & 1 (ed.)). BPS Kabupaten Magelang.
- Dea, A. Y., Kaleka, M. U., & Ngaku, M. A. (2024). The Role Of Agricultural Extenders In Supporting Sustainable Agricultural Development. *Jurnal Agribis*, 17(1), 2281–2290. <https://doi.org/10.36085/agribis.v17i1.5950>
- Dewangan, S. K., Shrivastava, S. K., Kumari, L., Minj, P., Kumari, J., & Sahu, R. (2023). The Effects of Soil pH on Soil Health and Environmental Sustainability: A Review. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 10(6), 611–616.
- Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 3(2), 91–98. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v3i2.3923>
- Eze, V. H. U., Eze, E. C., Alaneme, G. U., BUBU, P. E., Nnadi, E. O. E., & Okon, M. Ben. (2025). Integrating IoT sensors and machine learning for precision agroecology: enhancing crop resilience and resource efficiency through data-driven strategies, challenges, and future prospects. *Discover Artificial Intelligence*, 5(1), 247. <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00247-y>
- Fajri, M. (2025). Peningkatan Kesejahteraan Petani melalui Penerapan Teknologi Pertanian Berbasis Smart Farming di Desa Durian Kecamatan Janapria. *UNITY: Journal of Community Service*, 1(2), 25–59. <https://doi.org/10.70716/unity.v1i2.102>
- Fariied, A. I., Hasanah, U., Siregar, K. H., & Hutagalung, J. A. (2024). Peningkatan Produktivitas Pertanian Melalui Adopsi Teknologi: Studi Kasus Peran Petani Milenial Dalam Implementasi Inovasi Pertanian Di Desa Pamah Simelir. *SENASHTEK (Seminar Nasional Sosial Humaniora & Teknologi)*, 81–88.

- Firdaus, M. W., Hayati, M., & Nugroho, T. R. D. A. (2023). Peran dan Kontribusi Generasi Muda dalam Pembangunan Pertanian Indonesia: Sebuah Review. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 7(4), 1521–1527. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2023.007.04.28>
- García, L., Parra, L., Jimenez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-based smart irrigation systems: An overview on the recent trends on sensors and IoT systems for irrigation in precision agriculture. *Sensors*, 20(4), 45–57. <https://doi.org/10.3390/s20041042>
- Gyamfi, E. K., ElSayed, Z., Kropczynski, J., Yakubu, M. A., & Elsayed, N. (2024). Agricultural 4.0 Leveraging on Technological Solutions: Study for Smart Farming Sector. *Information Technology*, 1(14), 41–50. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.00814>
- Herwidyanto, F. (2023). Analisis Rantai Pasok Kopi Varietas Robusta (*Coffea canephora*) di Kecamatan Grabag Kabupaten Magelang. *AGRISTA*, 11(3), 13–22.
- Husna, A. N. A. (2021). *Ekspor dan Impor Hasil Pertanian terhadap Perekonomian Indonesia*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Mansoor, S., Iqbal, S., Popescu, S. M., Kim, S. L., Chung, Y. S., & Baek, J.-H. (2025). Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1587869. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1587869>
- Nawaz, M., & Babar, M. I. K. (2025). IoT and AI for smart agriculture in resource-constrained environments: Challenges, opportunities and solutions. *Discover Sustainability*, 6(1), 119. <https://doi.org/10.1007/s43926-025-00119-3>
- Nofikasari, N., Sari, T. P., Ambarsari, A., & Purwanto, E. (2025). Strategic management to increase crop yields in Krandon Village. *Community Empowerment*, 10(3), 727–739. <https://doi.org/10.31603/ce.12389>
- Noviyanti, E. C., & Sutrisno, I. (2021). Analisis Dampak Alih Fungsi Lahan Pertanian terhadap Pendapatan Petani di Kabupaten Mimika. *Jurnal Kritis (Kebijakan, Riset, dan Teknologi)*, 5(1), 1–14.
- Nurhaliza. (2025). Perancangan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Optimalisasi Penggunaan Air pada Lahan Pertanian Kering. *Jurnal Teknik Indonesia*, 3(4), 129–137.
- Pambudi, A. D., Arifin, Z., Islahudin, N., Heryanto, M. A., Rahadian, H., Tamami, A. J., & Muharrom, S. (2024). Implementation of integrated IoT-based monitoring system to improve clean water services at KP-SPAMS Tirta Jatisari. *Community Empowerment*, 9(12), 1769–1774. <https://doi.org/10.31603/ce.12376>
- Panunggul, V. B., Yusra, S., Tuhuteru, S., Arina Fahmi, D., Laeshita, P., Fitri Rachmawati, N., Hendri Putranto, A., Ibrahim, E., Permatasari Kamarudin, A., Tsaniyatul Miratis Sulthoniyah, S., Maulana, S., Burhani Marda, A., & Esty Puri Utami, M. (2023). *Pengantar Ilmu Pertanian* (A. B. Marda, E. P. Utami, & 1 (ed.)). Widina Media Utama.
- Rasyid, M., & Hasibuan, R. (2023). *Penerapan Teknologi Precision Farming untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Pertanian*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/yxuek>
- Rosalia, C. R., Muchlis, M., & Rakhman, A. N. (2022). Aplikasi sistem informasi geografis untuk pemetaan kerentanan kuantitas mata air dan pengaruhnya terhadap budidaya kopi di Kecamatan Grabag, Kabupaten Magelang. *JNANALOKA*, 3(2), 87–97. <https://doi.org/10.36802/jnanaloka.2022.v3-no2-87-97>
- Rosalina, D. I. (2022). Penerapan dalam Pembangunan Pertanian Modern di Indonesia yang Sehat, Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan. *SEMAGRI*, 3(1), 9–20.

- Rupngam, T., & Messiga, A. J. (2024). Unraveling the Interactions between Flooding Dynamics and Agricultural Productivity in a Changing Climate. *Sustainability*, 16(14), 15–24. <https://doi.org/10.3390/su16146141>
- Sariah, Suarna, N., Ali, I., & Solihudin, D. (2025). Penerapan Convolutional Neural Network (CNN) untuk Prediksi Penyakit Tanaman Padi melalui Citra Daun. *Jurnal Komtika (Komputasi dan Informatika)*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.31603/komtika.v9i1.12852>
- Sihombing, Y. (2021). Peran Sektor Pertanian terhadap Perekonomian Wilayah Perdesaan dalam Mengentaskan Kemiskinan. *Agrista: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agribisnis*, 5(1), 936–945.
- Syahputra, R. (2024). Pertanian Organik: Solusi Ramah Lingkungan untuk Pertanian Berkelanjutan. *Literacy Notes*, 2(1), 14–21.
- Wahyudi, A. B. E., Salimi, M., Hidayah, R., Suhartono, Wahyono, Maigina, A., Mahfuzah, A., & Karsono. (2025). E-Module Based on Local Wisdom to Strengthen Cultural Literacy and Critical Thinking. *Salud, Ciencia y Tecnologia - Serie de Conferencias*, 4. <https://doi.org/10.56294/sctconf20251310>
- Wahyudi, Pradana, A. I., & Permatasari, H. (2025). Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 5(2), 435–446. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.656>
- Wang, Q., Zhang, Y., Tian, S., Yuan, X., Ma, Q., Liu, M., Li, Y., & Liu, J. (2021). Evaluation and optimization of a circular economy model integrating planting and breeding based on coupling of emergy analysis and life cycle assessment. *Environmetal Science and Pollution Research*, 28, 62407–62420. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-161699/v1>
- Wood, C. W., Krutz, L. J., Henry, W. B., Irby, T., Orlowski, J. M., Bryant, C. J., Atwill, R. L., Spencer, G. D., & Mills, B. E. (2020). Developing sensor-based irrigation scheduling that maximizes soybean grain yield, irrigation water use efficiency, and returns above irrigation costs. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, 6(1), 1–7. <https://doi.org/10.1002/cft2.20029>



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