



Dissemination of IoT-based drip irrigation technology for hydroponic melon farming

Erwin Nofiyanto[✉], Haslina, Dewi Nurdiah
Universitas Semarang, Semarang, Indonesia

[✉]erwin@usm.ac.id

^{doi} <https://doi.org/10.31603/ce.14824>

Abstract

This community service program addresses the main challenges at SMK Negeri H. Moenadi Ungaran, specifically the inefficient, manual management of the hydroponic melon irrigation system, relying on the alternating manual operation of water taps, and the limited promotion of the harvest products. This project aims to implement a drip irrigation technology system based on the Internet of Things (IoT) to enhance operational efficiency, while simultaneously conducting website management training to expand product promotion and branding. The implementation methodology included in-depth observation, intensive mentoring, hands-on training, the deployment of appropriate technology, and subsequent monitoring and evaluation. The results show a significant increase in participant competency, such as the understanding of IoT-based drip irrigation technology increased from an average of 56% to 92%, and the ability to operate the automated irrigation system improved from 48% to 88%. Furthermore, website management training showed an increase in understanding from 42% to 85%. The implementation of this IoT system not only boosts operational efficiency and crop productivity but also serves as a real-world learning medium for students. The main contribution of this program is the tangible increase in agricultural output and the strengthening of the school's competitiveness in the agribusiness sector through the adoption of modern agricultural technology in the Industry 4.0 era.

Keywords: Hydroponics; IoT; Drip irrigation; Melon; Digital promotion

Diseminasi teknologi irigasi tetes berbasis IoT untuk kebun melon hidroponik

Abstrak

Program pengabdian masyarakat ini berfokus pada permasalahan utama di SMK Negeri H. Moenadi Ungaran, yaitu sistem pengelolaan irigasi kebun melon hidroponik yang masih dilakukan secara manual melalui buka-tutup kran, menyebabkan inefisiensi waktu dan tenaga, serta terbatasnya promosi produk hasil panen. Pengabdian ini bertujuan untuk mengimplementasikan teknologi irigasi tetes berbasis Internet of Things (IoT) guna meningkatkan efisiensi operasional, sekaligus melaksanakan pelatihan pengelolaan website untuk memperluas promosi dan branding produk. Metode pelaksanaan meliputi observasi mendalam, pendampingan, pelatihan intensif, penerapan teknologi tepat guna, dan diakhiri dengan monitoring serta evaluasi dampak. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan signifikan pada kompetensi peserta: pemahaman teknologi irigasi tetes berbasis IoT meningkat dari rata-rata 56% menjadi 92%, dan kemampuan mengoperasikan sistem irigasi otomatis meningkat dari 48% menjadi 88%. Selain itu, pelatihan pengelolaan website menunjukkan peningkatan pemahaman dari 42% menjadi 85%. Penerapan sistem IoT ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan produktivitas tanaman, tetapi juga berfungsi sebagai media

Contributions to
SDGs



Article History

Received: 17/09/25

Revised: 03/10/25

Accepted: 06/10/25

pembelajaran nyata bagi siswa. Kontribusi utama dari program ini adalah peningkatan hasil produksi pertanian dan penguatan daya saing sekolah dalam bidang agribisnis melalui implementasi teknologi pertanian modern di era Industri 4.0.

Kata Kunci: Hidroponik; IoT; Irigasi tetes; Melon; Promosi digital

1. Pendahuluan

Industri pertanian modern terus berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi di era Industri 4.0 ([Pangestika et al., 2020](#)). Salah satu tantangan terbesar yang dihadapi sektor ini adalah bagaimana meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, terutama air, guna mencapai hasil pertanian yang optimal dan berkelanjutan ([Ibnu, 2024](#); [Surmaini et al., 2011](#)).

SMK Negeri H. Moenadi Ungaran di Kabupaten Semarang, Jawa Tengah, merupakan sekolah menengah kejuruan (vokasi) yang telah berdiri sejak tahun 1967 dengan jurusan di bidang pertanian. Sekolah ini memiliki ciri khas kejuruan pertanian modern dengan fokus pada urban farming, yaitu konsep memindahkan pertanian konvensional ke pertanian perkotaan yang berbasis perkembangan teknologi ([Zurayyah et al., 2019](#)). Dalam upaya meningkatkan kualitas kegiatan, SMK Negeri H. Moenadi Ungaran berupaya melakukan kerja sama dengan berbagai industri dan perguruan tinggi untuk mengatasi keterbatasan guru produktif ([Titisari et al., 2023](#)).

Salah satu kompetensi keahlian unggulan di sekolah ini adalah Agribisnis Tanaman Pangan dan Hortikultura. Kompetensi ini memiliki empat *green house* berstandar agribisnis yang menerapkan model pembelajaran Teaching Factory (TEFA). *Green house* tersebut ditanami melon hidroponik dengan varietas premium seperti Sweet Hami, Livia, Taj Mahal, dan Sweet Net. Hasil panennya cukup signifikan, mencapai 700 Kg per *green house*, dengan harga jual antara Rp30.000 hingga Rp50.000/Kg ([Gambar 1](#)). Metode hidroponik yang diterapkan di sini dianggap sebagai solusi berkelanjutan, inovatif, dan lebih ramah lingkungan dibandingkan metode konvensional ([Siregar et al., 2021](#); [Syidiq, 2022](#)).



Gambar 1. Kebun melon hidroponik SMK Negeri H. Moenadi Ungaran

Meskipun SMK Negeri H. Moenadi Ungaran unggul dalam budidaya melon premium hidroponik, pengelolaan sistem ini memerlukan pemantauan ketat, terutama kadar air baku dan nutrisi ([Afriyanti et al., 2024](#); [Rahutomo et al., 2022](#)). Saat ini, pengelolaan penyiraman air baku dan nutrisi masih dilakukan secara manual, di mana kran harus dibuka dan ditutup secara bergantian untuk memastikan semua media tanam atau

polybag mendapatkan asupan yang cukup ([Gambar 2](#)). Solusi sistem irigasi tetes dalam budidaya melon hidroponik ini memang memiliki keunggulan dalam pemberian air dan nutrisi secara efisien langsung ke akar tanaman ([Haiqal et al., 2023](#); [Nora et al., 2020](#)). Namun, untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas lebih lanjut, pengintegrasian teknologi canggih seperti sistem pemantauan otomatis untuk nutrisi dan kondisi lingkungan sangat diperlukan ([Hikmatunnisa et al., 2024](#); [Reza et al., 2025](#)), sebab sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pemantauan otomatis terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi ([Kamyod, 2023](#); [Singh et al., 2025](#)).



Gambar 2. Pengaturan manual air baku dan nutrisi melon hidroponik

Selain permasalahan operasional, SMK Negeri H. Moenadi Ungaran juga menghadapi tantangan dalam hal promosi. Sekolah belum memiliki informasi yang memadai untuk mempromosikan hasil budidaya melon premium kepada masyarakat luas. Promosi selama ini hanya mengandalkan rekan kerja, orang tua siswa, pameran (expo), dan penyebaran brosur.

Berdasarkan permasalahan efisiensi operasional dan keterbatasan promosi tersebut, program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan ganda, yaitu (1) Mengimplementasikan teknologi *smart farming* berbasis IoT melalui instalasi irigasi tetes kebun melon hidroponik, sehingga mitra dapat mengatur aliran air baku dan nutrisi secara otomatis; dan (2) Memberikan aplikasi sistem informasi web profil yang dapat diakses oleh masyarakat luas mengenai ketersediaan komoditas melon, guna meningkatkan promosi dan penjualan melalui *e-commerce*.

2. Metode

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) dilaksanakan di SMK Negeri H. Moenadi Ungaran selama periode Agustus hingga September 2025. Metode yang digunakan adalah kombinasi pendampingan, pelatihan, dan pengadaan alat, dengan melibatkan para ahli dan pakar di bidang terkait. Rangkaian kegiatan ini mencakup sosialisasi, pelatihan (ceramah dan diskusi), penerapan teknologi, pendampingan, serta sesi monitoring dan evaluasi (*flow* metode pelaksanaan dapat dilihat pada [Gambar 3](#)).



Gambar 3. Metode pelaksanaan PkM

Kegiatan PkM dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur. Tahap pertama adalah Identifikasi Masalah, di mana tim pelaksana melakukan survei lapangan, diskusi, dan wawancara mendalam dengan pihak SMK Negeri H. Moenadi Ungaran untuk mengetahui dan merumuskan permasalahan utama mitra. Tahap kedua adalah Penentuan Solusi Permasalahan. Berdasarkan hasil identifikasi, tim merumuskan solusi yang dikomunikasikan dan disepakati bersama mitra, serta menentukan kebutuhan utama yang harus dipenuhi. Tahap ketiga adalah Pemenuhan Kebutuhan. Kebutuhan utama yang dipenuhi mencakup dua aspek: (a) Penerapan Alat dan Teknologi, yaitu instalasi irigasi tetes kebun melon hidroponik berbasis Internet of Things (IoT). Instalasi ini bertujuan menggantikan sistem penyiraman air baku dan nutrisi yang selama ini masih manual (buka-tutup kran), yang menyebabkan inefisiensi waktu, tenaga, pemborosan air, ketidakseimbangan nutrisi, dan ketiadaan sistem monitoring. (b) Pelatihan dan Pendampingan, yang meliputi pelatihan teknis instalasi dan pengoperasian irigasi tetes berbasis IoT, pelatihan aplikasi sistem informasi *web profile* sekolah, serta pelatihan promosi dan *branding* produk secara *online*. Tahap keempat adalah Pelaksanaan Kegiatan, yang diawali dengan persiapan dan penerapan teknologi tepat guna (instalasi sistem IoT), dilanjutkan dengan kegiatan pelatihan dan pendampingan yang diikuti oleh mitra dan dibantu oleh mahasiswa. Tahap terakhir adalah Monitoring dan Evaluasi, yang bertujuan mengontrol implementasi, memastikan keberlanjutan program, dan melakukan evaluasi terhadap penggunaan alat irigasi tetes kebun melon hidroponik berbasis IoT.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Penentuan kebutuhan pelatihan

Kegiatan awal program pengabdian kepada masyarakat oleh Tim PkM Universitas Semarang diawali dengan observasi awal dengan menggali permasalahan mitra yaitu SMK Negeri H. Moenadi Ungaran. Koordinasi dilanjutkan dengan Tim PkM dengan

melibatkan mahasiswa untuk mencari solusi dari permasalahan mitra. Selanjutnya, koordinasi untuk penyampaian kegiatan PkM yang akan dilakukan, serta jadwal dan kegiatan yang akan dilaksanakan dengan mitra. Selain itu pemenuhan kebutuhan mitra yang perlu diselesaikan yaitu kebutuhan pemenuhan teknologi yang diperlukan teknologi tepat guna yaitu instalasi irigasi tetes kebun melon hidroponik berbasis IoT dan pembuatan sistem informasi website profil.

3.2. Pelatihan dan pendampingan

Pelatihan dilaksanakan dengan ceramah, diskusi interaktif dan pendampingan langsung kepada guru dan siswa ([Gambar 4](#)). Dalam kegiatan ini, dilakukan juga penyerahan alat teknologi tepat guna, yaitu instalasi irigasi tetes berbasis IoT ([Gambar 5](#)), yang secara khusus dirancang untuk mendukung sistem hidroponik melon di lingkungan sekolah. Tim Pengabdian menjelaskan pentingnya transformasi pertanian menuju *smart farming* di era Industri 4.0. Dengan sistem irigasi tetes berbasis IoT, dapat menghemat air, mengoptimalkan nutrisi, serta meningkatkan produktivitas tanaman. Menurut [Jusman et al \(2024\)](#) dan [Tangwannawit & Saengkrajang \(2021\)](#), sistem irigasi otomatis dengan IoT dapat meningkatkan produktivitas pertanian, dan langkah inovatif dalam mengatasi kondisi lingkungan.



Gambar 4. Pelatihan dan penyerahan alat instalasi irigasi tetes kebun melon hidroponik

Melalui alat instalasi irigasi tetes berbasis IoT, penyiraman air baku dan nutrisi bisa dilakukan secara otomatis dan *real time* berbasis android dengan lebih efisien dibandingkan sistem manual yang mengandalkan buka tutup kran. Menurut [Indriani et al. \(2025\)](#), implementasi teknologi IoT memberikan dampak positif karena berbagai kondisi dapat dipantau secara *real-time*. Teknologi IoT telah menjadi alat yang berharga bagi pertanian global dengan bertindak sebagai pengontrol pertumbuhan tanaman ([Ali et al., 2023](#); [Navulur et al., 2017](#); [Shi et al., 2019](#)), pencegah hama ([Wang et al., 2024](#)), dan sarana untuk mengatur sistem penyiraman ([Khanna & Kaur, 2019](#); [Lloret et al., 2021](#)).

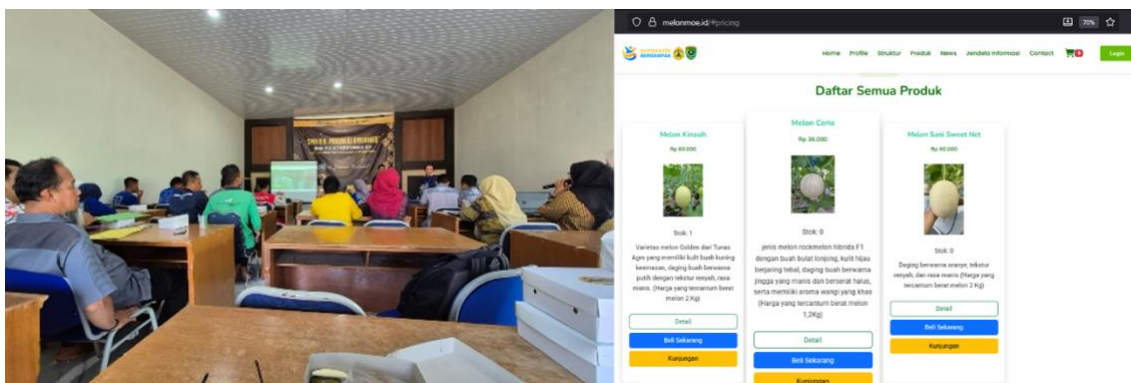
Dalam kegiatan ini, selain dilakukan penyerahan alat teknologi tepat guna dan pelatihan instalasi irigasi tetes berbasis IoT, tim pengabdian juga memberikan pelatihan pengelolaan website yang nantinya digunakan untuk mendukung pemasaran hasil kebun melon hidroponik sekolah. Dokumentasi pelatihan disajikan pada [Gambar 6](#).

Kegiatan pelatihan pengelolaan website yang melibatkan guru dan siswa memiliki dampak yang signifikan dalam meningkatkan kapasitas digital sekaligus memberikan manfaat nyata bagi promosi produk lokal, dalam hal ini melon. Menurut [Surahman et al. \(2025\)](#), integrasi antara situs web *e-commerce* dan media sosial terbukti efektif dalam

meningkatkan lalu lintas situs dan penjualan. Pelatihan ini tidak hanya berfungsi sebagai sarana peningkatan keterampilan teknologi informasi, tetapi juga menjadi media pembelajaran kontekstual yang menghubungkan dunia pendidikan dengan kebutuhan masyarakat. Dengan adanya promosi dan *branding* secara *online*, berdampak terhadap promosi dan penjualan melon ke masyarakat yang lebih luas.



Gambar 5. Alat teknologi tepat guna sistem irigasi tetes berbasis IoT



Gambar 6. Pelatihan pengelolaan website profil penjualan melon hidroponik

3.3. Evaluasi kegiatan

Monitoring dan evaluasi dilaksanakan untuk mengetahui sejauh mana ketercapaian tujuan, serta mengidentifikasi kendala yang dihadapi sebelum dan setelah kegiatan pengabdian dilaksanakan. Proses ini penting agar program tidak hanya berjalan sesuai rencana, tetapi juga dapat memberikan perbaikan dan tindak lanjut untuk kegiatan berikutnya. Berdasarkan hasil kuesioner pada [Tabel 1](#), rata-rata peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra sebesar 38%, dan pemahaman konsep IoT dalam pertanian meningkat dari rata-rata 56% menjadi 92%, mengelola website sekolah dan promosi digital meningkat dari 42% menjadi 85%, manfaat teknologi ini juga dirasakan langsung oleh pengelola kebun melon hidroponik sekolah.

Menurut mitra, alat irigasi tetes berbasis IoT mampu menghemat waktu, tenaga, dan sumber daya manusia, karena penyiraman bisa dilakukan dari mana saja menggunakan

perangkat android, selain itu manfaat yang diterima pada penggunaan nutrisi dan air yang lebih terkendali dan terukur sehingga berdampak positif pada peningkatan hasil produksi, alat ini juga bermanfaat dalam proses pembelajaran khususnya dalam media nyata untuk memahami siswa bagaimana penerapan teknologi dalam bidang pertanian.

Tabel 1. Hasil kuesioner sebelum dan sesudah pelatihan

No	Aspek penilaian	Sebelum (%)	Sesudah (%)	Peningkatan (%)	Keterangan
1	Pemahaman konsep IoT dalam sistem pertanian modern	56	92	+36	Peserta memahami prinsip kerja dan manfaat IoT dalam irigasi hidroponik
2	Kemampuan mengoperasikan sistem irigasi tetes berbasis IoT	48	88	+40	Peserta mampu menjalankan dan memantau sistem otomatis secara mandiri
3	Keterampilan mengelola dan memperbarui website	42	85	+43	Peserta mampu menambah konten, memperbarui tampilan, dan mempromosikan produk secara daring
4	Pemahaman konsep promosi digital dan <i>branding</i> produk hasil pertanian	50	84	+34	Peserta memahami strategi pemasaran berbasis media online
5	Tingkat kepercayaan diri dalam menerapkan teknologi pertanian modern	54	90	+36	Peserta lebih percaya diri memanfaatkan teknologi dalam kegiatan agribisnis

Hasil monitoring menunjukkan bahwa terdapat peningkatan efektivitas baik pada aspek teknis maupun pembelajaran. Manfaat yang diperoleh dari penerapan teknologi adalah penggunaan nutrisi dan air yang lebih terkendali dan terukur. Hal ini berdampak positif terhadap peningkatan hasil produksi, karena tanaman mendapatkan asupan sesuai kebutuhan tanpa pemborosan sumber daya. Efisiensi penggunaan input produksi tidak hanya meningkatkan kualitas hasil panen, tetapi juga berimplikasi pada penghematan biaya serta keberlanjutan usaha pertanian. Selain dampak pada produksi, teknologi yang digunakan juga memberikan manfaat dalam bidang pendidikan. Alat yang diaplikasikan dapat dijadikan media nyata untuk membantu siswa memahami secara langsung penerapan teknologi dalam bidang pertanian. Melalui praktik ini, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teoritis, tetapi juga keterampilan praktis yang relevan dengan perkembangan teknologi pertanian modern.

4. Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat melalui pelatihan teknologi irigasi tetes kebun melon hidroponik berbasis IoT dan pelatihan profil website memberikan dampak positif baik bagi dunia pendidikan maupun masyarakat. Penerapan teknologi dalam pengendalian

nutrisi dan air terbukti memberikan manfaat nyata bagi peningkatan hasil produksi pertanian yang lebih efisien, terukur, dan berkelanjutan. Selain mendukung aspek produksi, alat yang digunakan juga berfungsi sebagai media pembelajaran nyata yang membantu siswa memahami penerapan teknologi dalam bidang pertanian secara langsung. Dari sisi promosi, website yang dikelola oleh guru dan siswa mampu meningkatkan *branding* dan jangkauan pemasaran produk melon ke masyarakat yang lebih luas.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami ucapkan kepada LPPM Universitas Semarang serta SMK Negeri H Moenadi yang berpartisipasi aktif dalam membantu terlaksananya kegiatan ini.

Kontribusi Penulis

Pelaksana Kegiatan: EN, H, DN; Penyiapan Artikel: EN, H, DN; Penyajian Hasil Pelatihan: EN, H, DN; Revisi Artikel: EN.

Konflik Kepentingan

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

Pendanaan

Kegiatan dan publikasi artikel dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Tahun Anggaran 2025 dalam Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat (PkM).

Daftar Pustaka

- Afriyanti, A., Kurniati, N., Efrita, E., & Mutmainnah, E. (2024). Pengembalian Investasi pada Usahatani Selada Hidroponik dengan Metode Deep Flow Technique (DFT) dan Nutrient Film Technique (NFT). *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis): Jurnal Agribisnis Dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian*, 9(1), 381-390. <https://doi.org/10.37149/jia.v9i4.1425>
- Ali, A., Hussain, T., Tantashutikun, N., Hussain, N., & Cocetta, G. (2023). Application of Smart Techniques, Internet of Things and Data Mining for Resource Use Efficient and Sustainable Crop Production. *Agriculture (Switzerland)*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agriculture13020397>
- Haiqal, A., Nopsagirti, T., & Seprido. (2023). Pengaruh Jenis Nutrisi Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Melon (Cucumis melo L) Hidroponik Sistem Tetes. *Green Swarnadwipa*, 12(1).

- Hikmatunnisa, A. N., Ramadayanti, W., & Nuryati, R. (2024). Analisis Manajemen Produksi Pertanian Hidroponik Berbasis IoT (Internet of Things) di Wisata Edukasi Arjuna Farm Kecamatan Tamansari Kota Tasikmalaya. *Mikroba: Jurnal Ilmu Tanaman, Sains Dan Teknologi Pertanian*, 1(3), 111-125. <https://doi.org/10.62951/mikroba.v1i3.164>
- Ibnu, M. (2024). Tantangan Sektor Pertanian dalam Memenuhi Kebutuhan Pangan Berkelanjutan. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 20(2), 135-148. <https://doi.org/10.33658/jl.v20i2.400>
- Indriani, A. M., Prihandoyo, C., Nurhandayani, K., Akmal, M. A., & Azmi, M. Q. (2025). IoT-based seaweed dryer house for food security in IKN Nusantara. *Community Empowerment*, 10(1), 36-43. <https://doi.org/10.31603/ce.12574>
- Jusman, Y., Chamim, A. N. N., Zaki, A., Loniza, E., Winiarti, S., Ferdiansyah, R., & Nur'Aini, M. A. (2024). Implementation of an IoT-Based Automated Watering System for Melon Cultivation. *BIO Web of Conferences*, 137.
- Kamyod, C. (2023). Smart Melon Farm System: Fertilizer IoT Solution. *Journal of Mobile Multimedia*, 19(5). <https://doi.org/10.13052/jmm1550-4646.1951>
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157(2), 218-231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Lloret, J., Sendra, S., Garcia, L., & Jimenez, J. M. (2021). A wireless sensor network deployment for soil moisture monitoring in precision agriculture. *Sensors*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21217243>
- Navulur, S., Sastry, A. S. C. S., & Prasad, M. N. G. (2017). Agricultural management through wireless sensors and internet of things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6). <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3492-3499>
- Nora, S., Yahya, M., Mariana, M., Herawaty, H., & Ramadhani, E. (2020). Teknik Budidaya Melon Hidroponik dengan Sistem Irigasi Tetes (Drip Irrigation). *Agrium*, 23(1).
- Pangestika, M., Hohary, M., Agus, Y. H., Widyawati, N., Herawati, M., M., S. A. J., & Nuswantara, B. (2020). *Smart Farming: Pertanian di Era Revolusi Industri 4.0*. Penerbit Andi.
- Rahutomo, F., Sutrisno, S., Pramono, S., Sulisty, M. E., Ibrahim, M. H., & Haryono, J. (2022). Implementasi dan Sosialisasi Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Thing di Dusun Ngentak, Bulakrejo, Sukoharjo. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(6). <https://doi.org/10.54082/jamsi.567>
- Reza, M. N., Lee, K. H., Karim, M. R., Haque, M. A., Bicamumakuba, E., Dey, P. K., & Chung, S. O. (2025). Trends of soil and solution nutrient sensing for open field and hydroponic cultivation in facilitated smart agriculture. *Sensors*, 25(2), 453. <https://doi.org/10.3390/s25020453>
- Shi, X., An, X., Zhao, Q., Liu, H., Xia, L., Sun, X., & Guo, Y. (2019). State-of-the-art internet of things in protected agriculture. *Sensors (Switzerland)*, 19(8). <https://doi.org/10.3390/s19081833>
- Singh, Y. N., Bhople, B., Jayanthi, J., & Kumar, A. (2025). Effect of nutrient concentrations and vermiwash on bottle gourd productivity in automated IoT-based hydroponic systems. *International Journal of Vegetable Science*, 31(4), 1-26. <https://doi.org/10.1080/19315260.2025.2491444>
- Siregar, A. Z., Tulus, T., & Lubis, K. S. (2021). Penggunaan pestisida nabati mengendalikan hama-hama padi merah (*Oryza nivara* L.) di Dusun Soporaru,

- Tapanuli Utara, Sumatera Utara. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 20(1), 91-104. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i1.4940>
- Surahman, Hariyadi, S., Barus, B., Batoteng, H., Rahmadhani, A., Aisyayah, W. N., Pustpita, A. O., & Febrianti, N. (2025). Digital transformation for MSMEs: Boosting sales through e-commerce and social media. *Community Empowerment*, 10(6), 1349-1357. <https://doi.org/10.31603/ce.13099>
- Surmaini, E., Las, I., & Runtunuwu, E. (2011). Upaya Sektor Pertanian Dalam Menghadapi Perubahan Iklim. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(1).
- Syidiq, I. H. A. (2022). Hidroponik untuk Meningkatkan Ekonomi Keluarga. *Journal Science Innovation and Technology (SINTECH)*, 2(2). <https://doi.org/10.47701/sintech.v2i2.1882>
- Tangwannawit, P., & Saengkrajang, K. (2021). An internet of things ecosystem for planting of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(5), 4568-4576. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i5.pp4568-4576>
- Titisari, K. H., Dewi, R. R., Rachmawatie, S. J., Oktyajati, N., & Junaidi, A. (2023). Kegiatan Pendampingan oleh Tim Pendamping Perguruan Tinggi Menuju SMK Pusat Keunggulan. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 3(2). <https://doi.org/10.54082/jamsi.683>
- Wang, Z., Qiao, X., Wang, Y., Yu, H., & Mu, C. (2024). IoT-based system of prevention and control for crop diseases and insect pests. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1323074>
- Zuraiyah, T. A., Suriansyah, M. I., & Akbar, A. P. (2019). Smart Urban Farming Berbasis Internet Of Things (IoT). *Information Management for Educators and Professionals*, 3(2).



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