

PENDAMPINGAN PENGGUNAAN IOT UNTUK BUDIDAYA BAYAM DAN KANGKUNG DI DESA SERAPUH

Abdi Dharma¹, Christin Erniati Panjaitan², Achmad Ridwan³,
Agung Prabowo⁴, Yennimar⁵, Putri Puspa Sari⁶, Dewi Sholeha⁷
Meyga Fitri Handayani Nasution⁸, Togar Timoteus Gultom⁹,
Dhanny Rukmana Manday¹⁰, Saut Dohot Siregar¹¹

^{2,7,9} Program Studi Teknik Elektro

^{1,3,5,10,11} Program Studi Teknik Informatika

⁴ Program Studi Sistem Informasi

^{8, 6} Program Studi Arsitektur

^{2,3,7,9,11} PUI-PT Kesehatan Berbasis IoT dan Energi Terbarukan

¹ PUT-PT Blockchain & Data Science

^{4,5,10,11} PUI-PT Elektrokardiogram Berbasis Internet of Things Intelligence
dan Electroencephalogram (EEG)

^{8,6} PUI-PT Bina Ruang, Universitas Prima Indonesia (UNPRI)

Email Korespondensi: christinpanjaitan@unprimdn.ac.id

Disubmit: 12 Juni 2026

Diterima: 28 Juni 2026

Diterbitkan: 01 Juli 2026

Doi: <https://doi.org/10.33024/jkpm.v9i7.26470>

ABSTRAK

Dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas di sector pertanian Desa Serapuh, Kabupaten Simalungun maka potensi Internet of Things (IoT) dihadirkan dalam berbagai aplikasi. Banyak petani di Desa Serapuh bertani sayur bayam dan kangkung. Hanya saja, masalah yang mereka hadapi masalah air pada tanaman sehingga hasil panen kurang maksimal. Dua masalah utama yang dihadapi dari para petani yakni pertama, cuaca yang panas menjadikan tanah kering dan pertumbuhan tanaman terhambat. Kedua, penyiraman tanaman yang tidak terkontrol sehingga air yang berlebih dapat menyebabkan kerusakan akar tanaman. Dengan kedua masalah tersebut, maka pendampingan ini bertujuan untuk memberikan wawasan kepada petani dalam penggunaan IoT. Metode pendampingan ini berupa ceramah, diskusi, dan praktik langsung di lapangan. Dari kegiatan ini terlihat adanya peningkatan kemampuan petani dalam aspek penguasaan alat dan implementasi ke tanaman Bayam dan Kangkung.

Kata Kunci: Pertanian, IoT, Petani, Irigasi.

ABSTRACT

For agricultural efficiency and productivity in Serapuh Village, Simalungun Regency, the Internet of Things (IoT) has several applications. Many Serapuh farmers grow spinach and kale. However, plant water issues reduce harvests. Farmers face two basic issues: hot weather dries soil and stunts plant growth. Second, excessive plant watering can damage roots. This coaching intends to help farmers use IoT for these two issues. Mentoring involves lectures, debates, and fieldwork. This activity shows farmers' tool and spinach/kale plant implementation skills have increased.

Keywords: Agriculture, IoT, Farmer, Irrigation.

Tyh bjn

1. PENDAHULUAN

Desa Serapuh merupakan salah satu desa yang berada di Kecamatan Gunung Malela dalam Kabupaten Simalungun. Lokasi Desa Serapuh terletak di luar hutan dan jauh dari lautan. Dari 16 desa di Kecamatan Gunung Malela, 13 desa berfokus pada pertanian sebagai penghasil utama sedangkan sisa 3 desa lainnya berfokus di Industri dan Jasa. Desa Serapuh merupakan salah satu desa yang bidang pencariannya pada pertanian. Tanaman Pangan dan Tanaman Holtikultura menjadi 2 fokus bidang pertanian di Kecamatan Gunung Malela (BPS Simalungun, 2025; Siburian, 2025). Namun, Pertanian pada Desa Serapuh masih diolah secara tradisional. Tantangan pada pertanian yang dikelola secara tradisional yakni ketidakpastian cuaca, perubahan iklim yang ekstrem, dan hama penyakit. Pemanfaatan teknologi dalam pertanian merupakan hal yang sangat penting untuk mempermudah petani dan memberikan hasil panen yang optimal (Elattar et al., 2025; Goda & Neta, 2024; Kohli et al., 2025; Kong & Lu, 2025; S et al., 2026).

Internet of Things (IoT) merupakan kunci dalam transformasi pertanian. IoT memberikan kapasitas kepada petani untuk pemantauan secara real-time berbasis data (Ariawan, 2024). IoT merupakan teknologi yang menghubungkan perangkat seperti sensor, actuator dan platform terhubung ke jaringan internet untuk memproses, mentransmisikan data secara otomatis dan langsung (Abdul Jalil, Basiroh, 2026). Aspek yang diunggulkan dari IoT dalam pertanian adalah kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan menggunakan data dari sensor dan teknologi, petani dapat melakukan penyiraman lebih presisi. Sehingga tanaman jauh dari kondisi kekurangan dan kelebihan air (Miftahul Walid et al., 2022; S et al., 2026).

Aplikasi IoT pada pertanian telah banyak dilakukan. Kabupaten Ngada di Nusa Tenggara Timur telah melakukan pengujian IoT pada sektor pertanian. Observasi dilakukan pada 12 kecamatan di Kabupaten Ngada. Tujuan dilakukan observasi untuk mengumpulkan data yang akan digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penerapan IoT. Dengan kehadiran IoT, maka dapat dilakukan proses irigasi otomatis, monitoring kelembapan tanah, deteksi kesuburan tanah, dan penyiraman otomatis (Goda & Neta, 2024). Perkembangan IoT menunjukkan tren peningkatan secara global. Dalam studi kasus ini beberapa negara dikaji yakni negara Belanda, Amerika Serikat, Jepang, India dan Indonesia. Hasil dari studi kasus yang dilaksanakan IoT berkontribusi penting dalam monitoring tanaman, manajemen irigasi, dan deteksi dini hama tanaman (Abdul Jalil, Basiroh, 2026). IoT juga telah digunakan dalam pengembangan irigasi pertanian. Teknologi yang digunakan yakni Wireless Sensor Networks dan internet (Afhamisis et al., 2025). Sensor ultrasonik digunakan untuk memantau level air dari air yang dipompa (Cheng et al., 2021). Hasil monitoring akan menjadi landasan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan pompa air. Ada juga sensor tanah yang digunakan untuk memonitoring kondisi lahan tanaman (Miftahul Walid et al., 2022).

Penelitian IoT yang diterapkan pada sektor pertanian sedang banyak diminati karena IoT dipandang dapat memberikan kontribusi yang besar. Penelitian IoT yang diterapkan pada sektor pertanian sedang banyak diminati karena IoT dipandang dapat memberikan kontribusi yang besar (Xaverius et al., n.d.). Adapun manfaat dengan kehadiran pada sektor pertanian yakni: monitoring lahan yang akurat (Precision Farming), monitoring Kesehatan Tanaman (Crop Health Monitoring), irigasi cerdas (Smart Irrigation), monitoring dan manajemen tanaman (Crop Monitoring and Management),

dan rumah kaca pintar (Smart Greenhouse) (Singh & Singh, 2023). Proses bisnis di sektor pertanian dapat ditingkat dengan hadirnya IoT dan Teknologi UAV. IoT dan Teknologi UAV telah merevolusi sektor pertanian. Business Process Management (BPM) memberikan metode terstruktur untuk mengelola sumber daya pertanian secara efektif. BPM memungkinkan monitoring dan modifikasi secara langsung untuk menguraikan operasi yang penting seperti pengelolaan tanaman dan pengelolaan air (Rikeeth, 2024; Rodzoan & Shah, 2024; Sharma et al., 2023; Singh & Singh, 2023).

Sebagian petani di Desa Serapuh mencari penghasilan sebagai petani sayur bayam dan kangkung (Deng et al., 2026; Jamaludin et al., 2026). Kegiatan pendampingan ini bertujuan untuk memperkenalkan IoT kepada para petani dan memberikan manfaat dari teknologi tersebut. Pendampingan ini juga memiliki tujuan memberikan wawasan kepada petani Desa Serapuh untuk mengaplikasikan irigasi cerdas (Smart Irrigation) pada kelompok tani yang menanam bayam dan kangkung.

Pendampingan penggunaan IoT untuk budidaya sayur-sayuran di Desa Serapuh diberikan karena perkembangan tanaman sayur sangat sensitif dengan air yang diperoleh. Jikalau pemberian air yang tidak terkontrol baik terlalu banyak ataupun sedikit akan membuat sayur cepat mati dan ini berdampak kepada penghasilan para petani. Sehingga, dengan keterbatasan tenaga manusia, pendampingan ini sangat tepat diberikan kepada petani untuk memahami irigasi pintar (smart irrigation).

Desa Serapuh merupakan salah satu desa di kecamatan Gunung Malela yang dimana salah satu mata pencariannya adalah bertani. Sehingga tujuan dari pengabdian ini memberikan pendampingan kepada para petani desa sayur-sayuran untuk mengoptimalkan penggunaan IoT dalam hal irigasi. Dengan optimalisasi teknologi IoT ini besar harapan para petani bisa mendapatkan hasil panen yang maksimal.

2. RUMUSAN MASALAH

Tujuan dari kegiatan pendampingan ini adalah untuk memberikan pemahaman dan meningkatkan kapasitas petani dalam memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) sebagai salah satu solusi pertanian modern yang dapat mendukung peningkatan produktivitas pertanian. Melalui kegiatan ini, petani diharapkan dapat memahami konsep dasar IoT, manfaat penerapannya dalam sektor pertanian, serta peluang implementasinya dalam mendukung pengelolaan lahan yang lebih efektif dan efisien. Selain itu, kegiatan pendampingan juga bertujuan untuk memperkenalkan sistem irigasi cerdas (smart irrigation) berbasis IoT yang mampu membantu petani melakukan pengelolaan air secara lebih terukur dan sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Adapun rumusan masalah yang dihadapi oleh petani di Desa Serapuh meliputi beberapa aspek. Pertama, masih terbatasnya pengetahuan dan keterampilan petani dalam memanfaatkan teknologi IoT untuk mendukung aktivitas pertanian sehari-hari. Kedua, rendahnya pemahaman petani mengenai konsep dan penerapan sistem irigasi cerdas (smart irrigation) yang dapat digunakan pada budidaya tanaman sayuran, khususnya bayam dan kangkung. Ketiga, keterbatasan kemampuan petani dalam mengoptimalkan penggunaan air melalui pemanfaatan teknologi, sehingga proses penyiraman masih dilakukan secara manual dan belum berdasarkan kondisi aktual lahan.

Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penggunaan air yang kurang efisien, baik karena kelebihan maupun kekurangan penyiraman, yang pada akhirnya dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Oleh karena itu, kegiatan pendampingan ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesiapan petani dalam mengadopsi teknologi IoT guna mendukung praktik pertanian yang lebih produktif, efisien, dan berkelanjutan

3. KAJIAN PUSTAKA

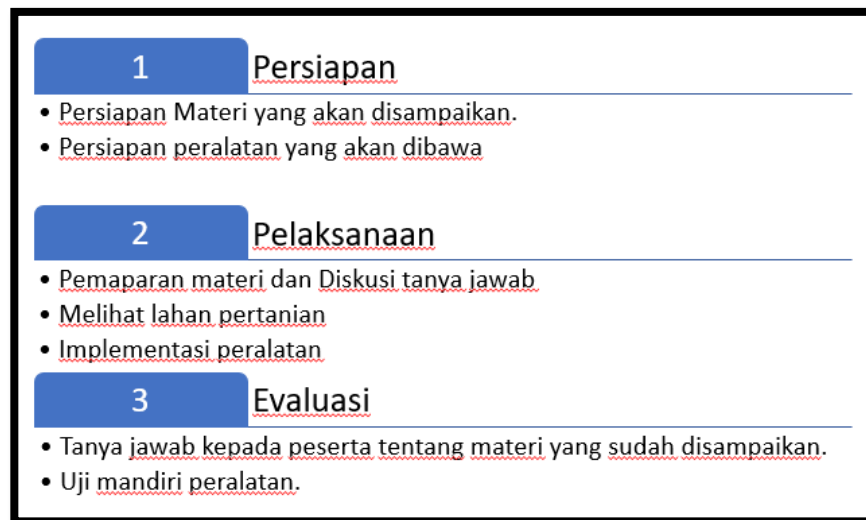
Kajian penggunaan IoT telah dilakukan di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur. Ngada merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Nusa Tenggara Timur yang mayoritas penduduknya memiliki mata pencarian petani. Kendala UJutama yang dihadapi para petani adalah pengontrolan air. Pengenalan IoT ini sangat tepat untuk memberikan efisiensi dan produktifitas pertanian (Goda & Neta, 2024; Pogasang, 2024; Qodriyah et al., 2025).

Evaluasi dalam penggunaan IoT untuk meningkat efisiensi sudah pernah dilakukan. Penelitian ini mengamati perangkat keras, sensor dan platform yang digunakan terkhususnya dalam pertanian. Teknologi IoT ini memungkinkan pengumpulan data langsung dari berbagai sensor yang sudah dialokasikan. Kendala yang dihadapi adalah keterbatasan dalam infrastruktur terkhusus di daerah pedesaan (Gaol, n.d.)

Business Process Management (BPM) memiliki tujuan untuk meningkatkan keberlanjutan sector pertanian melalui integrasi Internet of Things (IoT). BPM memberikan pendekatan yang lebih rapi untuk mengembangkan pengelolaan pertanian, dimulai dari penanaman, irigasi, pengontrolan hama, hingga penyebaran hasil panen. Sehingga semua proses ini berujuan untuk efisiensi operasional, penghematan sumber daya dan mendukung pelaksanaan keberlangsungan pertanian (Rodzoan & Shah, 2024).

4. METODE

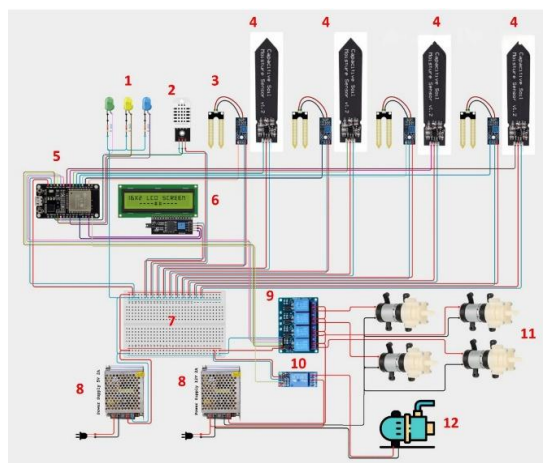
Adapun petani sebagai peserta yang hadir berjumlah 10 orang. Dalam pendampingan ini penulis memberikan pemaparan irigasi cerdas, diskusi dan implementasi. Kegiatan pelaksanaan berlangsung di Desa Serapuh pada hari Senin / 13 April 2026 pukul 09.00 - 15.00 WIB.



Gambar 1. Metode Pelaksanaan

Adapun metode yang digunakan pada pendampingan ini tampak pada gambar 1 dengan penjelasan di bawah ini:

- Persiapan.** Dalam tahap persiapan tim dari Fakultas Sains dan Teknologi (FAST) mempersiapkan materi dan perangkat yang akan dibawa ke lokasi. Adapun komponen yang dibawa terlihat pada gambar 1.
- Pelaksanaan.** Dalam pelaksanaan pendampingan ini, salah satu staff FAST memberikan pemaparan tentang perangkat-perangkat yang digunakan dan cara implementasi smart irrigation. Adapun perangkat yang dirakit dapat dilihat pada gambar 2. Setelah dilaksanakan pemaparan maka panitia memberikan ruang kepada peserta untuk bertanya jawab. Waktu diskusi ini untuk memantapkan pemahaman peserta akan alat yang nantinya akan digunakan. Setelah selesai sesi diskusi maka panitia dan peserta menuju ke ersam pertanian ersama untuk implementasi. Dalam sesi implementasi ini, panitia juga melihat jenis-jenis tanaman yang dikerjakan oleh petani setempat.
- Evaluasi.** Setelah selesai sesi implementasi maka dilanjutkan dengan sesi evaluasi. Dalam sesi evaluasi ini akan dilihat pemahaman peserta akan IoT dan cara penggunaan alat tersebut.



Gambar 2. Layout Smart Irrigation

Dari gambar beberapa komponen yang digunakan tampak pada table 1 di bawah ini:

Tabel 1. Komponen Sistem Irigasi Cerdas

Nomor	Penjelasan
1	LED
2	DHT 22 Sensor
3	Soil Moisture Sensor
4	Capacitive Soil Moisture Sensor
5	ESP32
6	LCD
7	Breadboard
8	Power Supply
9	4 Channel Relay
10	1 Channel Relay
11	Mini Diaphragm Water Pump
12	Water Pump

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendampingan penggunaan IoT pada pertanian telah memberikan manfaat kepada para petani. Wawasan para petani semakin luas akan teknologi yang sedang berkembang, perangkat yang digunakan dan cara mengimplementasikan kepada pertanian mereka. Para peserta dari petani bayam dan kangkong sangat antusias mengikuti pendampingan tersebut, terlihat mereka menerima kunjungan dan menceritakan permasalahan-permasalahan yang mereka hadapi dan menyelesaikan dengan cara tradisional.



Gambar 3. Pemaparan materi IoT

Pada gambar 3 terlihat panitia dari staff FAST memberikan pemaparan dan peserta yang hadir merupakan para petani dari Desa Serapuh. Gambar 4 memperlihatkan panitia menjelaskan konsep kerja perangkat yang digunakan dan cara menggunakan perangkat yang telah dirakit. Peserta cukup antusias dan tertarik memahami perangkat yang sudah dirakit dan terlibat tanya jawab akan perangkat tersebut.



Gambar 4. Penjelasan Perangkat IoT

Dampak dari pendampingan ini meluas ke kecamatan Gunung Malela. Kepala Camat sangat antusias kehadiran tim akemisi ke salah satu Kecamatan Gunung Malela. Besar harapan Kepala Camat agar teknologi segera diimplementasikan kepada seluruh lahan pertanian agar hasil panen bisa meningkat dan perekonomian penduduk Kecamatan Gunung Malela bisa meningkat. Gambar 5 merupakan kunjungan panitia ke ladang pertanian.



Gambar 5. Kunjungan panitia ke ladang pertanian

Sebagai tindak lanjut dari pendampingan ini, maka tim pengabdian bersama kepala desa akan menyusun strategi keberlanjutan agar manfaat dari pendampingan ini tidak berhenti. Susunan rencana tersebut berupa konsultasi dan kunjungan rutin untuk memberikan pemaparan yang berkelanjutan dan memastikan para petani tepat dalam perangkat yang sudah dirakit. Dengan penerapan dari strategi keberlanjutan ini maka diharapkan hasil ladang semakin meningkat dan perekonomian masyarakat semakin membaik.

Adapun hasil pendampingan ke Desa Serapuh dapat dilihat dari table 2 di berikut ini:

Tabel 2. Evaluasi Pemahaman

Items	Mengerti	Kurang Mengerti	Tidak Mengerti
Penjelasan IoT	75%	25%	0%
Komponen yang digunakan	65%	15%	20%
Implementasi	85%	15%	0%

Hasil evaluasi dari table 2 mengindikasikan beberapa aspek yakni:

- 1) Sebagian peserta yang mengikuti pendampingan memahami dengan baik konsep dari IoT. Ada beberapa yang kurang memahami dikarenakan level pendidikan yang rendah.
- 2) Setiap komponen pada table 1 dijelaskan sehingga dapat membentuk system irigasi cerdas. Sebagai petani memahami garis besarnya, 15% peserta perlu diulangi dengan pelan dan 20% tidak mengerti karena aktifitas mereka yang sudah cukup lama di ladang sehingga mereka tidak update lagi dengan komponen-komponen tersebut.
- 3) Untuk implementasi 85% petani cukup antusias dan sisanya panitia harus mendampingi lebih intensif dan perlahan.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Pendampingan ini membawa kontribusi yang sangat baik kepada peserta dan juga kepada tim pengabdian dari UNPRI. Dari para petani yang mengikuti pendampingan ini, pendampingan ini telah membuka wawasan akan aplikasi teknologi IoT dan komponen-komponen yang digunakan. Dari sisi panitia, pendampingan ini semakin membawa UNPRI lebih dekat kepada masyarakat dengan mengenali permasalahan di masyarakat dan memberikan solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut berdasarkan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Besar harapannya, Kerjasama Desa Serapuh dan Universitas Prima Indonesia tetap berlangsung. Agar penggunaan teknologi IoT tetap dapat dipantau dan dapat diaplikasikan ke aspek lain demi menunjang masyarakat Desa Serapuh.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Jalil, Basiroh, A. J. (2026). Pemanfaatan Internet Of Things (IoT) Dalam Pengembangan Pertanian Cerdas: Studi Komparatif Beberapa Negara. *Jurnal Penelitian Ipteks*, 11, 76-84.
- Afhamisis, M., Khalil, M. A. A., & Palattella, M. R. (2025). Towards Digital Agriculture: IoT Connectivity Through A Multilayer Ntn. *2025 IEEE Latin Conference On lot (Lciot)*, 326-329. <https://doi.org/10.1109/Lciot64881.2025.11118562>

- Ariawan, A. (2024). Smart Sprout: Irigasi Cerdas Berbasis Aiot Untuk Pertanian Modern Dan Ramah Lingkungan. *Bit-Tech*, 7(2), 434-444. <https://doi.org/10.32877/Bt.V7i2.1841>
- Bps Simalungun. (2025). Statistik Potensi Desa Kabupaten Simalungun. *Badan Pusat Statistik Kabupaten Simalungun*, 2. <https://simalungkab.bps.go.id/id/publication/2025/01/15/B99db00717db876906a86a67/statistik-potensi-desa-kabupaten-simalungun.html>
- Cheng, W.-M., Liu, H.-J., Chen, R., Chang, W.-C., Yuan, J.-J., Chen, J., & Jiang, J. (2021). A Real And Novel Smart Agriculture Implementation With Iot Technology. *2021 9th International Conference On Orange Technology (Icot)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/Icot54518.2021.9680638>
- Deng, Z., Chen, C., Wang, X., Shang, J., & Zhou, H. (2026). Regulation Of Mineral Surface Area And Nanopore Structures By Particulate And Mineral-Associated Organic Matter. *Catena*, 268, 110072. <https://doi.org/10.1016/J.Catena.2026.110072>
- Elattar, M. A., Yousef, A. H., Naeem, E.-S. S., Hashem, I. M., Elhelw, M., & Atwa, A. A. (2025). Smart Agriculture Clinic (Sac): A Transformative Technology-Based Solution To Agriculture Extension Problems In Egypt. *2025 Intelligent Methods, Systems, And Applications (Imsa)*, 190-194. <https://doi.org/10.1109/Imsa65733.2025.11166872>
- Gaol, E. L. (N.D.). *Implementasi Sistem Pertanian Berbasis Iot Untuk Peningkatan Efisiensi Penggunaan Sumber Daya*.
- Goda, K. D., & Neta, A. D. P. S. (2024). Kajian Pengembangan Internet Of Things (Iot) Pada Sektor Pertanian Di Kabupaten Ngada, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 6(02), 478-493. <https://doi.org/10.53863/Kst.V6i02.1233>
- Jamaludin, N. F., Shamsudin, R., Hamzah, M. H., Mohd Nor, M. Z., Hasan, M. Y., & Varith, J. (2026). Tailoring Subcritical Water Extraction Conditions To Enhance Antioxidant Selectivity From Kale (*Brassica Oleracea* Var. *Acephala*). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 111, 104570. <https://doi.org/10.1016/J.Ifset.2026.104570>
- Kohli, A., Gupta, V., & Malik, O. P. (2025). Transforming Agriculture: Addressing Challenges With Advanced Smart Technologies. *2025 IEEE Canadian Conference On Electrical And Computer Engineering (Ccece)*, 240-244. <https://doi.org/10.1109/Ccece64018.2025.11364466>
- Kong, F., & Lu, H. (2025). An Analysis Of Challenges And Strategies In Transitioning From “Elderly Agriculture” To Smart Agriculture—A Case Study Of Jiangxi Province. *2025 International Conference On Communication Networks And Smart Systems Engineering (Iccnse)*, 186-191. <https://doi.org/10.1109/Iccnse66404.2025.11144197>
- Miftahul Walid, Hoiriyah, H., & Fikri, A. (2022). Pengembangan Sistem Irigasi Pertanian Berbasis Internet Of Things (Iot). *Jurnal Mnemonic*, 5(1), 31-38. <https://doi.org/10.36040/Mnemonic.V5i1.4452>
- Pogasang, J. (2024). *Sistem Cerdas Irigasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic Pada Tanaman Tomat Berbasis Iot*. 2(2).
- Qodriyah, L., Walid, M., & Ariyanto, F. (2025). *Pengembangan Sistem Irigasi Cerdas Pada Green House Melalui Aplikasi Mobile Berbasis Iot*.

- Rikeeth, A. (2024). *IoT In Agriculture 4.0: Farmer Adoption, Barriers, And The Path To Sustainable Farming. 2024 Second International Conference On Emerging Trends In Information Technology And Engineering (Icetite)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/Ic-Etite58242.2024.10493146>
- Rodzoan, M. A. B., & Shah, A. (2024). Enhancing Business Process Management (Bpm) Sustainability In The Agriculture Sector Through Precision Agriculture, IoT, And UAV Technologies. *2024 IEEE 9th International Conference On Engineering Technologies And Applied Sciences (Icetas)*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/Icetas62372.2024.11120188>
- S, S., D, J., K, K., S, M. C., & M, N. (2026). An IoT-Driven Smart Agriculture System For Intelligent Crop Disease Detection, Health Monitoring, And Precision Farming Applications. *2026 5th International Conference On Communication, Computing And Electronics Systems (Iccces)*, 48-51. <https://doi.org/10.1109/Iccces62661.2026.11436788>
- Sharma, Dr. R., Mishra, V., & Srivastava, S. (2023). Enhancing Crop Yields Through IoT-Enabled Precision Agriculture. *2023 International Conference On Disruptive Technologies (Icdt)*, 279-283. <https://doi.org/10.1109/Icdt57929.2023.10151422>
- Siburian, A. (2025). Kabupaten Simalungun Dalam Angka. *Bps Simalungun*, 46. <https://simalungunkab.bps.go.id/id/publication/2025/02/28/2d66d692934ea1ca2c22b6a7/kabupaten-simalungun-dalam-angka-2025.html>
- Singh, G., & Singh, J. (2023). Transformative Potential Of IoT For Developing Smart Agriculture System: A Systematic Review. *2023 4th International Conference On Communication, Computing And Industry 6.0 (C216)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/C2i659362.2023.10430789>
- Xaverius, F., Zubaedah, R., Djaja, I., Barumak, A., Agroteknologi, J., & Musamus, U. (N.D.). *Sistem Irigasi Cerdas Berbasis IoT Pada Tanaman Tomat Dan Cabe Di Kampung Sota Kabupaten Merauke*.