

PENERAPAN IRIGASI CERDAS BERBASIS AWS DAN TINYML UNTUK MENINGKATKAN LITERASI DIGITAL PETANI

Nurul Maulida Surbakti^{1*}, Nurul Ain Farhana², Boni Oktaviana Sembiring³,
Putri Harliana⁴, Riza Pahlawan⁵

¹Matematika, Universitas Negeri Medan, Indonesia

²Statistika, Universitas Negeri Medan, Indonesia

³Sistem Informasi, Universitas Harapan Medan, Indonesia

⁴Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan, Indonesia

⁵Universitas Negeri Medan, Indonesia

nurulmaulida@unimed.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Keterlambatan dan ketidaktepatan dalam pengambilan keputusan irigasi menjadi permasalahan utama yang dihadapi mitra petani di Desa Kelapa Satu, Sumatera Utara. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan literasi digital petani dan akurasi pengambilan keputusan irigasi berbasis data melalui penerapan sistem irigasi cerdas berbasis AWS dan TinyML. Sebanyak 25 petani mengikuti pelatihan intensif selama dua hari mengenai instalasi perangkat dan pemanfaatan aplikasi Teman Padiku. Evaluasi dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara terstruktur satu minggu setelah pelatihan. Hasil menunjukkan bahwa 92% peserta memahami fungsi sistem, dan 80% menyatakan sistem ini membantu pengambilan keputusan irigasi berbasis data. Kegiatan ini terbukti menjawab kebutuhan mitra dengan meningkatkan literasi digital dan keterampilan teknis secara signifikan dalam waktu singkat.

Kata Kunci: Irigasi Cerdas; AWS; Literasi Digital Pertanian; TinyML; Pengambilan Keputusan Irigasi.

Abstract: Delays and inaccuracies in irrigation decision-making are the main challenges faced by farmer partners in Kelapa Satu Village, North Sumatra. This program aims to enhance farmers' digital literacy and the accuracy of data-driven irrigation decision-making through the implementation of a smart irrigation system based on AWS and TinyML. Twenty-five farmers participated in a two-day intensive training on device installation and utilization of the Teman Padiku application. Evaluation was conducted through field observations and structured interviews one week after the training. Results showed that 92% of participants understood the system's functionality, and 80% stated that the system facilitated data-driven decision-making for irrigation. This program has proven to address partners' needs by significantly improving digital literacy and technical skills in a short time.

Keywords: Smart Irrigation; AWS; Agricultural Digital Literacy; TinyML; Irrigation Decision-Making.



Article History:

Received: 10-09-2025

Revised : 25-09-2025

Accepted: 25-09-2025

Online : 14-10-2025



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

A. LATAR BELAKANG

Pertanian modern menghadapi tantangan serius akibat perubahan iklim global yang berdampak pada pola curah hujan, suhu, dan ketersediaan air (Harahap et al., 2025). Ketidakpastian iklim ini mengancam produktivitas tanaman pangan, terutama padi sebagai komoditas utama di negara berkembang (Auliya et al., 2024; Harudu et al., 2025). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan risiko kekeringan dan banjir yang mengganggu neraca air pertanian dan menurunkan hasil panen (Ansari et al., 2023). Selain faktor iklim, efisiensi dan keandalan irigasi menjadi isu krusial dalam keberlanjutan produksi pangan (Gebru et al., 2025; Wudil et al., 2023). Di Indonesia, kerugian akibat curah hujan ekstrem dan minimnya akses irigasi modern semakin memperburuk ketahanan pangan petani kecil (Mohajan, 2018; Utaminingsih et al., 2017).

Kelompok mitra mengalami sejumlah permasalahan nyata. Pertama, sistem irigasi masih menggunakan metode manual dan tidak berbasis data, sehingga pengambilan keputusan bersifat subyektif dan tidak efisien (Nelvi, 2019). Kedua, keterbatasan literasi digital menyebabkan petani kesulitan memanfaatkan teknologi untuk mendukung pertanian presisi. Ketiga, variabilitas iklim ekstrem berdampak langsung pada penurunan hasil panen akibat curah hujan tidak menentu dan kekeringan. Keempat, absennya data cuaca lokal, kelembapan tanah, dan ketinggian air menghambat petani dalam menjadwalkan irigasi secara optimal. Oleh karena itu, dibutuhkan intervensi teknologi yang aplikatif dan berkelanjutan untuk menjawab persoalan tersebut.

Beberapa penelitian terbaru telah menunjukkan bahwa penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan Automatic Weather Station (AWS) dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan mendukung pertanian presisi. Purba et al. (2025) menunjukkan bahwa AWS berbasis IoT dapat menyajikan data cuaca real-time untuk mendukung keputusan irigasi. (Firmansyah et al. (2024) mencatat bahwa penggunaan IoT pada hidroponik meningkatkan tinggi tanaman dan mengurangi konsumsi air hingga 30%. Selain itu, Ridla & Fawaid (2024) mengembangkan *Portable Weather Station* berbasis Arduino yang efektif memantau suhu, kelembapan, dan arah angin secara real-time. Khotimah et al. (2024) juga mencatat peningkatan kesadaran petani terhadap efisiensi air setelah sosialisasi IoT di Desa Sawojajar. Zhang et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis IoT mampu meningkatkan presisi penyiraman dan konservasi air di lahan pertanian hingga 40%.

Dari sisi pengabdian masyarakat, riset oleh Surbakti et al. (2024) membuktikan bahwa sistem pemantauan hama berbasis IoT meningkatkan keterampilan petani sebesar 80%. Studi oleh Hasibuan et al. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan AWS untuk monitoring cuaca di wilayah pesisir memiliki akurasi tinggi, dengan margin kesalahan hanya 1,79%. Di

sisi lain, Solihudin et al. (2024) menyoroti bahwa fenomena El Niño mengganggu pola tanam padi di Indonesia, sehingga pemanfaatan AWS penting dalam mendukung adaptasi iklim. Zebua et al. (2024) juga menekankan pentingnya pengendalian irigasi otomatis berbasis sensor tanah dan curah hujan untuk efisiensi air. Temuan-temuan ini menegaskan bahwa pengembangan sistem pertanian digital sangat relevan dalam meningkatkan kapasitas adaptasi petani terhadap perubahan iklim.

Kebijakan nasional juga mendukung adopsi teknologi cerdas di bidang pertanian. Melalui RPJMN 2020–2024, pemerintah Indonesia mengusung transformasi digital melalui program *Climate Smart Agriculture* (Apriyana et al., 2023). Inisiatif ini mendorong penggunaan IoT, AWS, dan *Machine Learning* sebagai strategi adaptasi iklim dan efisiensi sumber daya. Kebijakan tersebut memperkuat urgensi pengabdian ini dalam membantu petani meningkatkan kapasitas literasi digital dan efisiensi irigasi. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memiliki dasar ilmiah yang kuat, tetapi juga mendukung arah pembangunan nasional di sektor pertanian.

Solusi yang ditawarkan adalah penerapan sistem irigasi cerdas berbasis AWS dan IoT yang diintegrasikan dengan TinyML. AWS akan dipasang di lahan pertanian mitra untuk memantau suhu, kelembapan, ketinggian air, dan data cuaca dari BMKG. Data ini akan diolah oleh TinyML guna menghasilkan rekomendasi agronomis yang ditampilkan pada aplikasi Android “Teman Padiku”. Sistem ini dilengkapi dengan fitur deep sleep untuk memastikan akses data tetap tersedia meski koneksi internet terbatas. Pendampingan teknis dan pelatihan penggunaan aplikasi akan diberikan secara intensif kepada petani.

Tujuan dari kegiatan ini adalah meningkatkan literasi digital petani dan efektivitas pengambilan keputusan irigasi berbasis data. Secara spesifik, pengabdian ini bertujuan: (1) meningkatkan pemahaman petani dalam membaca data cuaca dan air; (2) mendorong penggunaan rekomendasi TinyML dalam menjadwalkan irigasi; (3) mengurangi pemborosan air dan risiko kekeringan; dan (4) memperkuat kapasitas adaptasi petani terhadap perubahan iklim. Pengabdian ini diharapkan menjadi model pertanian cerdas berbasis teknologi yang aplikatif, tepat guna, dan berkelanjutan di tingkat desa.

B. METODE PELAKSANAAN

Program pengabdian ini dilaksanakan melalui penerapan irigasi cerdas berbasis *Automatic Weather Station* (AWS), *Internet of Things* (IoT), dan TinyML untuk meningkatkan literasi digital petani serta efektivitas pengelolaan air irigasi. Metode kegiatan yang digunakan mencakup: pelatihan materi dan praktik langsung, penyuluhan interaktif, observasi lapangan, pengisian kuesioner pre-post test, serta wawancara semi-terstruktur untuk memperoleh data kualitatif. Kegiatan dilaksanakan oleh

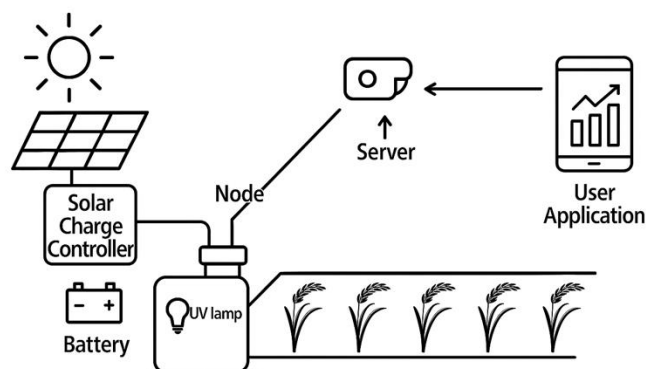
tim dosen dan mahasiswa. Mitra kegiatan adalah Kelompok mitra yang terdiri dari 25 orang petani aktif.

1. Observasi dan Identifikasi Masalah

Tim pengabdian melakukan survei awal ke lokasi mitra untuk mengidentifikasi permasalahan irigasi manual, keterbatasan literasi digital, serta kebutuhan akan teknologi pemantauan cuaca dan air berbasis data. Dari hasil observasi, diketahui bahwa mitra memerlukan sistem pemantauan dan rekomendasi agronomis yang dapat membantu mengurangi ketidakpastian akibat perubahan iklim dan variabilitas curah hujan.

2. Perancangan Solusi Teknologi

Berdasarkan hasil observasi, tim merancang sistem irigasi cerdas berbasis AWS yang dilengkapi sensor ketinggian air dan panel surya sebagai sumber energi. Data cuaca tambahan (suhu, kelembapan, curah hujan, dan arah angin) diintegrasikan melalui API BMKG. Seluruh data dikirim ke aplikasi Teman Padiku menghasilkan rekomendasi agronomis dan diproses menggunakan TinyML untuk menghasilkan hasil prediksi terkait pengelolaan pertanian. Perancangan sistem dilakukan secara cermat agar data yang dihasilkan AWS dapat dimanfaatkan secara konsisten dan berkelanjutan melalui aplikasi Teman Padiku, tanpa ketergantungan pada metode manual, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Indikator keberhasilan tahap ini adalah terbangunnya sistem pemantauan, rekomendasi agronomis, dan hasil prediksi berbasis data.



Gambar 1. Diagram Sistem Irigasi Cerdas Berbasis Panel Surya, AWS, dan Aplikasi Teman Padiku

3. Penerapan Teknologi

AWS dipasang di lahan pertanian mitra dan diuji untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan. Sistem diuji dalam hal transmisi data, keakuratan sensor, serta integrasi dengan aplikasi. Petani dilibatkan secara langsung dalam pemasangan agar memahami fungsi perangkat dan merasa memiliki sistem yang diterapkan. Indikator keberhasilan tahap ini adalah berfungsinya sistem pemantauan cuaca dan ketinggian air secara *real-time* serta keterhubungan aplikasi di *smartphone* petani.

4. Sosialisasi dan Pelatihan

Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman secara langsung mengenai cara kerja sistem irigasi cerdas berbasis AWS, manfaat integrasi dengan TinyML, serta panduan penggunaan aplikasi Teman Padiku agar sistem dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dalam jangka panjang. Setelah dilakukan pemaparan di lahan pertanian mitra, peserta pelatihan yang terdiri dari 25 petani diberikan sesi praktik menggunakan aplikasi untuk membaca data cuaca, ketinggian air *real-time*, rekomendasi agronomis, dan hasil prediksi. Selanjutnya, survei melalui kuesioner dibagikan untuk mengukur tingkat pemahaman petani mengenai teknologi yang dijelaskan. Hasil penilaian ini menjadi bahan evaluasi sekaligus acuan keberhasilan kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan bersama kelompok mitra.

5. Evaluasi dan Umpan Balik

Evaluasi dilakukan melalui dua tahap, yaitu: (1) saat kegiatan berlangsung dengan menggunakan pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta; dan (2) pasca kegiatan melalui angket, wawancara, serta observasi penggunaan aplikasi dalam kegiatan sehari-hari petani. Umpan balik dari petani digunakan untuk menyempurnakan materi pelatihan dan memastikan keberlanjutan program.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pra-Kegiatan: Identifikasi Permasalahan dan Sosialisasi Program

Kegiatan diawali dengan observasi dan diskusi Bersama kelompok mitra. Sebanyak 25 orang petani terlibat aktif dalam tahap ini. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa petani mengalami kendala dalam pengambilan keputusan irigasi akibat sistem manual yang bergantung pada prakiraan cuaca dan intuisi, bukan data. Sosialisasi dilakukan untuk menjelaskan manfaat program, teknologi yang akan digunakan, serta rencana implementasi yang berbasis partisipatif. Proses ini membangun pemahaman awal dan komitmen bersama antara tim pengabdian dan mitra.

2. Pelaksanaan: Penerapan Teknologi dan Pendampingan Lapangan

Penerapan dilakukan secara partisipatif melalui kegiatan penyuluhan, pelatihan literasi digital, dan praktik langsung instalasi alat. AWS dipasang di lahan pertanian mitra dan dilengkapi dengan panel surya sebagai sumber daya mandiri. Komponen sistem terdiri dari sensor ketinggian air, mikrokontroler, *solar charge controller*, serta baterai penyimpan energi. Data cuaca seperti suhu, kelembapan, curah hujan, dan arah angin diambil dari API BMKG, dikombinasikan dengan data lokal (ketinggian air), lalu diolah oleh TinyML untuk menghasilkan prediksi kebutuhan irigasi. Seluruh

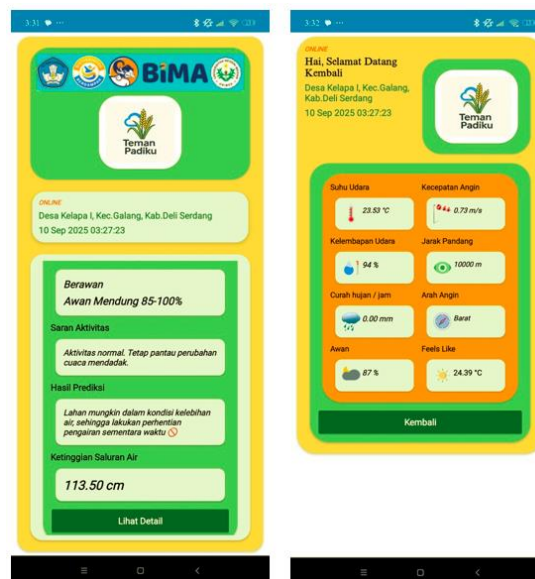
informasi tersebut ditampilkan dalam aplikasi Teman Padiku secara berkala. Mitra dilibatkan aktif dalam seluruh proses: mulai dari pemasangan alat, pelatihan membaca data digital, hingga penggunaan aplikasi berbasis Android. Gambar 2 memperlihatkan hasil instalasi AWS di lokasi mitra.



Gambar 2. Instalasi sistem AWS dan boks kontrol di lahan pertanian mitra.

3. Implementasi Sistem Irigasi Cerdas

AWS berhasil dipasang di lahan pertanian mitra dan diuji untuk memastikan kestabilan sensor serta akurasi data. Sistem dapat menampilkan informasi cuaca real-time dan ketinggian air secara langsung di aplikasi Teman Padiku. Petani dilibatkan sejak tahap pemasangan, pengujian, hingga uji coba aplikasi agar mereka memahami fungsi alat sekaligus meningkatkan rasa kepemilikan terhadap teknologi ini, seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan aplikasi Teman Padiku yang menunjukkan data cuaca dan rekomendasi irigasi real-time.

Selama masa implementasi, tampilan aplikasi ini menjadi alat bantu utama bagi petani untuk memantau kondisi lingkungan dan mendapatkan saran irigasi berbasis data yang diproses oleh TinyML. Keberhasilan pada

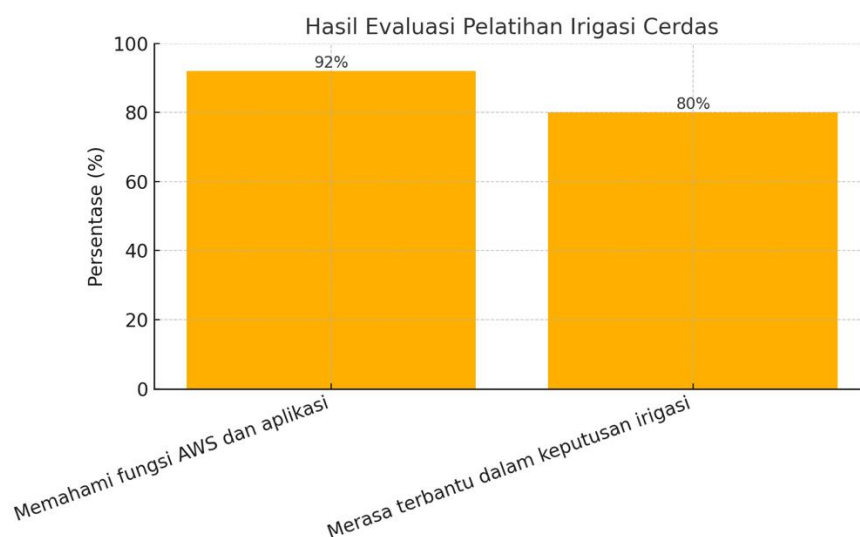
tahap ini dinilai dari sejauh mana mitra mampu menggunakan aplikasi secara mandiri dan merespons saran agronomis yang diberikan sistem.

4. Monitoring dan Evaluasi

Evaluasi kegiatan dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara terstruktur terhadap 25 responden satu minggu setelah pelatihan. Hasil menunjukkan bahwa kegiatan pengabdian mampu menjawab kebutuhan mitra, khususnya dalam meningkatkan literasi digital dan keterampilan teknis petani. Sebanyak 92% peserta memahami fungsi AWS dan aplikasi Teman Padiku, termasuk kemampuan membaca data cuaca, ketinggian air, serta rekomendasi irigasi. Selain itu, 80% peserta menyatakan bahwa teknologi ini sangat membantu dalam pengambilan keputusan irigasi berbasis data. Hasil lengkap evaluasi ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan visualisasi persentase capaian dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Program

No	Indikator Evaluasi	Jumlah Responden	Persentase (%)	Keterangan
1	Memahami fungsi AWS dan aplikasi	23	92%	Peserta mampu membaca data cuaca, ketinggian air, serta rekomendasi irigasi
2	Merasa terbantu dalam keputusan irigasi	20	80%	Peserta menggunakan data aplikasi untuk menentukan jadwal pengairan



Gambar 4. Visualisasi Hasil Evaluasi Pelatihan Penggunaan AWS dan Aplikasi Teman Padiku

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sebagian besar peserta telah memahami fungsi sistem irigasi cerdas, dengan capaian 92% pada indikator pemahaman aplikasi dan sensor. Angka ini menunjukkan keberhasilan kegiatan pelatihan dan penyuluhan dalam meningkatkan literasi digital petani. Namun, masih terdapat 8% peserta yang belum sepenuhnya

memahami cara membaca data atau menggunakan fitur aplikasi secara mandiri. Hal ini mengindikasikan perlunya pendampingan lanjutan atau sesi pelatihan tambahan dengan pendekatan lebih praktis.

Pada indikator keputusan irigasi berbasis data, sebanyak 80% peserta menyatakan sistem sangat membantu dalam menentukan jadwal pengairan. Capaian ini cukup tinggi, namun juga menunjukkan bahwa 20% lainnya masih ragu atau belum konsisten menggunakan data sebagai dasar pengambilan keputusan. Beberapa kendala yang muncul di lapangan antara lain keterbatasan jaringan internet di beberapa titik, serta kesulitan adaptasi bagi petani berusia lanjut terhadap teknologi berbasis Android.

Secara umum, hasil ini membuktikan bahwa sistem AWS dan aplikasi Teman Padiku berkontribusi positif terhadap peningkatan efisiensi irigasi dan ketepatan waktu penyiraman. Selain itu, proses pelibatan aktif mitra dalam seluruh tahapan kegiatan terbukti memperkuat rasa kepemilikan dan komitmen keberlanjutan. Oleh karena itu, sistem ini layak untuk direplikasi ke wilayah pertanian lain dengan adaptasi kontekstual sesuai kebutuhan lokal.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil mencapai tujuan yang telah ditetapkan, yaitu meningkatkan literasi digital dan keterampilan teknis petani melalui pemanfaatan teknologi irigasi cerdas berbasis AWS dan TinyML. Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan menggunakan wawancara terstruktur dan observasi lapangan terhadap 25 petani mitra, ditemukan bahwa 92% responden mampu memahami data cuaca dan ketinggian air melalui aplikasi Teman Padiku. Sebanyak 80% responden menyatakan bahwa sistem ini membantu dalam pengambilan keputusan irigasi berbasis data. Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan petani, baik dari sisi literasi digital (*soft skills*) maupun penguasaan teknis operasional perangkat (*hard skills*). Hal ini juga mencerminkan efektivitas pendekatan pelatihan partisipatif dan pendampingan lapangan secara intensif.

Untuk keberlanjutan program, disarankan agar mitra membentuk tim teknis kecil dari anggota kelompok tani yang bertugas sebagai operator sistem, pemelihara alat, serta fasilitator literasi digital berkelanjutan. Pemerintah desa diharapkan memberikan dukungan kebijakan serta peningkatan infrastruktur internet untuk menjamin keberlanjutan teknologi ini di wilayah pedesaan. Pelatihan berkala juga perlu dijadwalkan agar keterampilan yang telah diperoleh tidak menurun dan mampu beradaptasi dengan pembaruan sistem.

Saran untuk penelitian lanjutan adalah melakukan kajian kuantitatif untuk mengukur dampak teknologi terhadap efisiensi penggunaan air, biaya operasional, dan peningkatan produktivitas hasil panen per siklus tanam. Perbandingan antara musim tanam basah dan kering juga penting

dilakukan untuk melihat efektivitas sistem dalam kondisi iklim yang berbeda. Selain itu, integrasi sistem AWS–IoT–TinyML dengan platform pertanian cerdas nasional perlu dikaji lebih lanjut guna memperluas manfaat teknologi ini secara sistemik dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada DPPM Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi (Kemdiktisaintek) yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini melalui program BIMA skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Tahun Anggaran 2025. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada LPPM Universitas Negeri Medan, Pemerintah Desa Kelapa Satu, serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dan memberikan dukungan sehingga kegiatan pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdurrozzaq Hasibuan, Suhela Putri Nasution, Fitri Amja Yani, Henni Adlini Hasibuan, & Nyak Firzah. (2022). Strategi Peningkatan Usaha Tani Padi Sawah Untuk Meningkatkan Perekonomian Masyarakat Desa. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(4), 477–490. <https://doi.org/10.55123/abdikan.v1i4.1095>
- Ansari, A., Pranesti, A., Telaumbanua, M., Alam, T., Taryono, Wulandari, R. A., Nugroho, B. D. A., & Supriyanta. (2023). Evaluating the effect of climate change on rice production in Indonesia using multimodelling approach. *Heliyon*, 9(9), e19639. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19639>
- Auliya, D., Rosandi, A. H., & Subroto, W. T. (2024). Analisis Perubahan Iklim terhadap Produktivitas Padi di Jawa Timur. *Diponegoro Journal of Economics*, 13(3), 55–65. <https://doi.org/10.14710/djoe.47595>
- Firmansyah, F., Wibisana, B., Yusuf, H. P., Ziad Iqbal, M., & Abqari, R. S. (2024). Pertanian Cerdas Berbasis Internet of Things untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Hidroponik. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Nusantara (JPMN)*, 4(2), 80–85. <https://doi.org/10.35870/jpmn.v4i2.3084>
- Gebru, M., Tadesse, T., & Berhe, M. (2025). Reliability of irrigation water and farm-level productivity: Evidence from semi-arid farming systems in northern Ethiopia. *Agricultural Systems*, 223, 104193. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104193>
- Harahap, L. M., Sitanggang, C. B., Tambunan, D. M., Pinem, D. A., & Hasugian, A. B. (2025). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Strategi Manajemen Agribisnis: Studi Kasus Di Wilayah Pertanian Indonesia (the Effect of Climate Change on Agribusiness Management Strategies: a Case Study in Indonesian Agriculture). *Jurnal Ilmiah Ekonomi Dan Manajemen*, 3(3), 451–462.
- Harudu, L., Kasmiati, S., Andrias, A., & Nursalam, L. O. (2025). Analisis Perubahan Iklim Serta Dampaknya pada Masyarakat Petani Padi Sawah. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*, 10(3), 361–370.
- Khusnul Khotimah, Ryan Aji Wijaya, Muhammad Yudi Abdul Syawari, Retno Sulistiani, Mona Jesica Efendi, Rizky Satrio Wibowo, & Annisa Salsabila. (2024). Sosialisasi Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Android dan Internet Of Things (IoT) Pada Desa Sawojajar. *Pengabdian Kepada Masyarakat Cendekia*, 3(2), 112–120.

- <https://doi.org/10.47637/pkmcendekia.v3i2.1818>
- Mohajan, H. K. (2018). [WIP] Mp r a. *Economic Policy*, 2116, 0–33.
- Muhammad Ali Ridla, & Ahmad Fawaid. (2024). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pengukur Cuaca Menggunakan Arduino Pada Stasiun Meteorologi Kelas III Banyuwangi. *Journal Of Computer Science And Technology (JOCSTEC)*, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.59435/jocstec.v2i2.282>
- Nelvi, Y. (2019). Isu Dan Pembaharuan Pengelolaan Sistem Irigasi Review and Perspectives. *JAS (Jurnal Agri Sains)*, 3(2), 56–69. <https://doi.org/10.36355/jas.v3i2.294>
- Purba, S., Harahap, M., Saragi, D. P., Waluyo, B. D., & Pratama, A. (2025). Penerapan sistem irigasi cerdas berbasis IoT dan tenaga surya untuk meningkatkan produktivitas pertanian di Desa Sidomulyo Kabupaten Langkat. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan Volume*, 9(4), 2530–2540. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/jpmb.v9i4.31392>
- Solihudin, D., Nurdiawan, O., Kurniawan, R., & Rohmat, C. L. (2024). Optimization Iot Technology in Weather Stations for Improve Agricultural Success During El Niño Era. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)*, 10(2), 315–323. <https://doi.org/10.33480/jitk.v10i2.5851>
- Surbakti, N. M., Dewi, S., Ramadhani, F., Septiana, D., & Pahlawan, R. (2024). Penerapan Sistem Kontrol Hama Padi Dan Monitoring. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 8(4), 6–8.
- Utaminingsih, W., Soentoro, E. A., Winskayati, W., & Irianto, E. W. (2017). Optimasi Pengembangan Lahan Berbasis Daerah Irigasi di Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Irigasi*, 12(1), 11. <https://doi.org/10.31028/ji.v12.i1.11-22>
- Wudil, A. H., Ali, A., Mushtaq, K., Baig, S. A., Radulescu, M., Prus, P., Usman, M., & Vasa, L. (2023). Water Use Efficiency and Productivity of Irrigated Rice Cultivation in Nigeria: An Application of the Stochastic Frontier Approach. *Sustainability*, 15(10), 7824. <https://doi.org/10.3390/su15107824>
- Yayan Apriyana, Woro Estiningtyas, Ai Dariah, & Elsa Rakhmi Dewi. (2023). Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian. In *Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim* (Issue 2023). <https://doi.org/10.55981/brin.901.c719>
- Zebua, S. N., Dohona, H., & Waruwu, I. P. (2024). Evaluasi Irigasi Berbasis Teknologi Di Sektor Pertanian. *PENARIK: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 1(2), 226–232.
- Zhang, G., Wang, J., Jiang, W., Li, M., Liu, J., & Ren, S. (2024). Study on Optimization of Placement Method for Transmission Line Monitoring Devices Based on Probability of Meteorological Disasters. *Journal of Physics: Conference Series*, 2785(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2785/1/012071>