

PEMBERDAYAAN KELOMPOK TANI MELALUI INOVASI TEKNOLOGI HIDROPONIK IOT UNTUK KETAHANAN PANGAN BERKELANJUTAN

Nani Purwati^{1*}, Noor Hasan², Gunawan Budi Sulisty³
^{1,2,3}Sistem Informasi, Universitas Bina Sarana Informatika, Indonesia
nani.npi@bsi.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri menghadapi tantangan dalam budidaya pertanian lahan sempit akibat keterbatasan teknologi dan keterampilan. Tujuan kegiatan ini adalah meningkatkan kapasitas anggota KWT melalui pelatihan sistem hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) untuk mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Metode yang digunakan mencakup FGD, penyuluhan, workshop, dan pelatihan praktik dengan 21 peserta. Evaluasi dilakukan melalui pre-test dan post-test. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada pengetahuan peserta tentang hidroponik (dari 30% menjadi 95%) dan IoT (dari 15% menjadi 90%). Komitmen peserta untuk menerapkan teknologi meningkat dari 5% menjadi 80%. Kegiatan ini terbukti mampu meningkatkan hardskill dan softskill peserta serta mendorong pemberdayaan perempuan dalam inovasi pertanian modern.

Kata Kunci: Internet of Things; Kelompok Wanita Tani; Ketahanan Pangan; Workshop.

Abstract: The Anggrek Asri Women Farmers Group (KWT) faces challenges in small-scale farming due to limited technology and skills. This community service aimed to enhance members' capacity through training in Internet of Things (IoT)-based hydroponic systems to support sustainable food security. The methods included FGD, education sessions, workshops, and hands-on training with 21 participants. Evaluation was conducted using pre- and post-tests. Results showed significant improvement in participants' knowledge of hydroponics (from 30% to 95%) and IoT (from 15% to 90%). Commitment to applying the technology increased from 5% to 80%. This program effectively enhanced participants' hard and soft skills while empowering rural women in modern agricultural innovation.

Keywords: Internet of Things; Women Farmers Group; Food Security; Workshop.



Article History:

Received: 30-08-2025
Revised : 06-09-2025
Accepted: 10-09-2025
Online : 07-10-2025



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

A. LATAR BELAKANG

Pemberdayaan masyarakat melalui peningkatan kapasitas kelompok tani, khususnya Kelompok Wanita Tani (KWT), merupakan strategi yang sangat penting dalam mendukung ketahanan pangan lokal, peningkatan produksi pertanian, serta kesejahteraan keluarga. KWT memiliki peran strategis dalam mendorong kemandirian ekonomi rumah tangga dan membangun ketahanan sosial di tingkat desa (Purwanto et al., 2025; Putri et al., 2022). Dalam beberapa tahun terakhir, peran perempuan dalam sektor pertanian semakin mendapat pengakuan luas. Mereka tidak hanya dianggap sebagai pelaku domestik semata, tetapi juga sebagai agen perubahan yang aktif dalam proses pembangunan desa, pengambilan keputusan, serta pelestarian lingkungan hidup dan kearifan local (Wardani et al., 2023; Pratama & Sintaman, 2022).

Di Kabupaten Purworejo, Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri telah menunjukkan potensi besar dalam memanfaatkan lahan pekarangan yang sempit untuk kegiatan pertanian yang produktif. Meskipun demikian, mereka masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan teknologi, kurangnya keterampilan budidaya modern, dan terbatasnya akses terhadap pasar. Kondisi geografis wilayah mitra yang didominasi oleh pekarangan kecil mendorong pentingnya penerapan inovasi pertanian yang adaptif dan efisien. Salah satu solusi yang relevan adalah penggunaan sistem hidroponik, yang memungkinkan budidaya tanaman tanpa tanah dengan media air bernutrisi. Teknologi ini tidak hanya efektif digunakan di ruang terbatas, tetapi juga mendukung konsep pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan, sehingga cocok diterapkan oleh KWT dalam rangka meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan keluarga.

Sistem hidroponik terbukti mampu meningkatkan produktivitas pertanian serta efisiensi penggunaan air dan lahan, terutama di wilayah dengan keterbatasan ruang. Meski demikian, penerapannya secara optimal masih menghadapi berbagai tantangan, khususnya dalam aspek teknis, manajerial, dan pemeliharaan (Pratama & Sintaman, 2022; Waluyo et al., 2021). Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, diperlukan kolaborasi antara perguruan tinggi dan masyarakat. Kerja sama ini penting guna mentransfer pengetahuan, keterampilan, dan teknologi yang dibutuhkan oleh petani agar sistem hidroponik dapat diterapkan secara berkelanjutan dan maksimal (Putri et al., 2022; Aurora et al., 2025).

Penerapan teknologi digital seperti Internet of Things (IoT) dalam budidaya hidroponik memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi lingkungan tumbuh secara real-time, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi dan kualitas hasil pertanian (Wardani et al., 2023; Aulia et al., 2023; Sari et al., 2024). Selain aspek teknis, penguatan kapasitas kewirausahaan dan pemasaran digital juga penting untuk mendorong keberlanjutan usaha KWT di era ekonomi digital (Aurora et al., 2025; Pramita et al., 2023). Sistem IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian parameter lingkungan

penting secara real-time seperti suhu, kelembaban, pH, konduktivitas listrik, dan tingkat nutrisi (Akter et al., 2024; Srivani et al., 2023; Wardihani et al., 2025; Wildan & Jayadi, 2023). Sistem otomatis dapat menyesuaikan parameter ini untuk mempertahankan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman, mengurangi kebutuhan intervensi manual dan meminimalkan kesalahan (Kulkarni et al., 2024).

Sistem IoT terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi sebesar 25%, meningkatkan laju pertumbuhan tanaman sebesar 20%, dan meningkatkan hasil sebesar 15% dibandingkan dengan metode tradisional (Patel et al., 2024). Pengujian eksperimental telah menunjukkan akurasi tinggi dalam memantau parameter lingkungan, dengan beberapa sistem mencapai akurasi hingga 98% dalam pembacaan sensor (Novianty et al., 2023; Rafi et al., 2024). Studi telah menyoroti efektivitas IoT dalam menjaga kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman, yang mengarah pada peningkatan produktivitas dan efisiensi sumber daya (Debdas et al., 2024; Rafdhi et al., 2021; Saravanan et al., 2025).

Program Pengabdian kepada Masyarakat ini dirancang untuk memperkuat kapasitas Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri melalui penerapan teknologi hidroponik berbasis *Internet of Things* (IoT), pelatihan kewirausahaan, serta pendampingan dalam pemasaran digital. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian keluarga secara berkelanjutan, sekaligus mendorong terciptanya kemandirian ekonomi di kalangan perempuan desa. Selain itu, program ini juga diharapkan mampu memperluas wawasan anggota KWT dalam hal teknologi pertanian modern, meningkatkan keterampilan manajerial, serta membuka akses pasar yang lebih luas melalui pemanfaatan platform digital. Dengan demikian, perempuan desa tidak hanya menjadi pelaku pertanian, tetapi juga agen perubahan ekonomi yang kreatif, mandiri, dan berdaya saing tinggi.

Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri, yang berlokasi di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, terdiri dari 21 (dua puluh satu) anggota yang merupakan ibu rumah tangga aktif dalam kegiatan pertanian pekarangan. Komunitas ini telah memanfaatkan lahan sempit di sekitar rumah anggota untuk membudidayakan berbagai jenis sayuran dan tanaman konsumsi rumah tangga. Kegiatan pertanian tersebut tidak hanya membantu memenuhi kebutuhan pangan keluarga secara mandiri, tetapi juga berkontribusi dalam mendukung ketahanan pangan lokal. Selain itu, hasil pertanian yang dihasilkan turut memberikan nilai ekonomi tambahan bagi keluarga, sehingga meningkatkan kesejahteraan anggota.

B. METODE PELAKSANAAN

Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri merupakan komunitas perempuan yang berlokasi di Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah, dan terdiri dari 21 (dua puluh satu) anggota yang mayoritas merupakan ibu rumah tangga. KWT ini aktif dalam kegiatan pertanian pekarangan dengan

memanfaatkan lahan sempit di sekitar rumah masing-masing anggota. Mereka membudidayakan berbagai jenis sayuran dan tanaman konsumsi rumah tangga seperti cabai, tomat, kangkung, dan bayam. Kegiatan ini tidak hanya mendukung pemenuhan kebutuhan pangan keluarga secara mandiri, tetapi juga menjadi langkah nyata dalam mewujudkan ketahanan pangan lokal di tingkat rumah tangga serta membuka peluang ekonomi sederhana melalui penjualan hasil panen.

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam bentuk workshop yang dirancang secara partisipatif untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan mitra di bidang teknologi pertanian berbasis Internet of Things (IoT). Workshop diawali dengan sesi pemaparan materi sebagai dasar pengetahuan mengenai konsep dan manfaat IoT dalam pertanian pekarangan. Setelah penyampaian materi, kegiatan dilanjutkan dengan simulasi langsung menggunakan perangkat IoT, sehingga peserta dapat memahami cara kerja alat secara praktis. Pendekatan ini bertujuan memperkuat kapasitas mitra melalui kombinasi teori dan praktik yang aplikatif.

Tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini ditunjukkan pada Gambar 1. Metode pengabdian dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu: (1) tahap persiapan, yang mencakup pendekatan awal dan identifikasi kebutuhan mitra; (2) tahap pelaksanaan, yang terdiri atas kegiatan workshop, pelatihan, dan pendampingan teknis; serta (3) tahap evaluasi, yang dilakukan menggunakan instrumen kuesioner melalui pretest dan posttest untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan keterampilan mitra secara kuantitatif, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Pelaksanaan Pengabdian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian Masyarakat yang dilaksanakan pada tanggal 6 September 2025, dengan mitra KWT Anggrek Asri, Kelurahan Borokulon, Kecamatan Banyuurip, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah dihadiri oleh 21 peserta dari mitra pengabdian. Kegiatan ini dimulai dari pukul 09.00 sampai pukul 13.00. Hadir pula lurah serta ketua RT setempat. Berdasarkan hasil dari setiap tahapan.

1. Pra Pelaksanaan

Sebelum menentukan tema pengabdian masyarakat, pengusul melakukan pendekatan terhadap mitra KWT Anggrek Asri Kelurahan Borokulon, pada tahap ini diperoleh analisa situasi mitra. Pada Gambar 2. berikut ini adalah dokumentasi pada saat melakukan FGD dengan mitra sebagai upaya pendekatan terhadap mitra, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. FGD terhadap Mitra

Setelah melakukan pendekatan terhadap mitra serta analisa situasi mitra, kemudian tahap selanjutnya pengusul mengumpulkan informasi melalui wawancara terhadap Pengurus KWT Anggrek Asri Kelurahan Borokulon. Dari pengumpulan informasi diperoleh permasalahan yang dihadapi mitra. Tabel 1 merupakan uraian dari permasalahan yang diperoleh pada tahap 1 dan tahap 2.

Tabel 1. Uraian Permasalahan Mitra

Permasalahan	Uraian
Media Tanam Konvensional Kurang Efisien dan Tidak Stabil	Penggunaan media tanam berupa polibag pada pertanian konvensional menimbulkan kendala distribusi nutrisi yang tidak merata, kerentanan terhadap perubahan cuaca, serta keterbatasan ruang tanam. Hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal dan hasil panen rendah
Penyiraman dan Pemeliharaan Manual Rentan kesalahan dari petani	Kegiatan penyiraman dan pemeliharaan tanaman yang dilakukan secara manual kerap kali terabaikan akibat kesibukan anggota KWT. Hal ini menyebabkan tanaman kekurangan air dan nutrisi yang mengakibatkan tanaman menjadi layu atau mati.
Minimnya Literasi Teknologi Pertanian Modern	Sebagian besar anggota KWT belum familiar dengan teknologi digital dan perangkat sensor yang dapat digunakan untuk memantau pertumbuhan tanaman secara real-time. Ini menyebabkan keterbatasan dalam pengambilan keputusan berbasis data
Produktivitas Tidak Konsisten dan Usaha Terbatas	Karena kendala teknis dan keterbatasan dalam pengelolaan, produktivitas tanaman KWT tidak konsisten dan belum dapat memenuhi skala produksi yang berkelanjutan untuk kebutuhan lokal maupun pasar

2. Pelaksanaan Kegiatan

Untuk mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi oleh Kelompok Wanita Tani (KWT), solusi yang ditawarkan adalah penerapan sistem pertanian berbasis teknologi digital melalui penggunaan smart garden dan media tanam modern seperti hidroponik atau vertikultur. Sistem ini memungkinkan distribusi nutrisi yang lebih merata, efisiensi ruang tanam, serta stabilitas pertumbuhan tanaman karena tidak terlalu dipengaruhi oleh cuaca ekstrem. Selain itu, integrasi sensor dan sistem penyiraman otomatis dapat mengurangi ketergantungan pada aktivitas manual yang rentan terabaikan, sehingga memastikan tanaman mendapatkan air dan nutrisi secara konsisten. Kegiatan Pelatihan dilaksanakan di balai kemasyarakatan desa Boro kulon, Purworejo. Pada sesi pertama Gambar 3 dimulai dengan pemaparan terhadap mitra mengenai pemanfaatan IOT untuk tanaman, pada Gambar 4 merupakan kunjungan ke KWT Anggrek Asri. Pada Gambar 4 adalah dokumentasi kegiatan pada saat simulasi perangkat IOT pada tanaman hidroponik.



Gambar 3. Pelatihan pemanfaatan IOT



Gambar 4. Kunjungan ke KWT Anggrek Asri

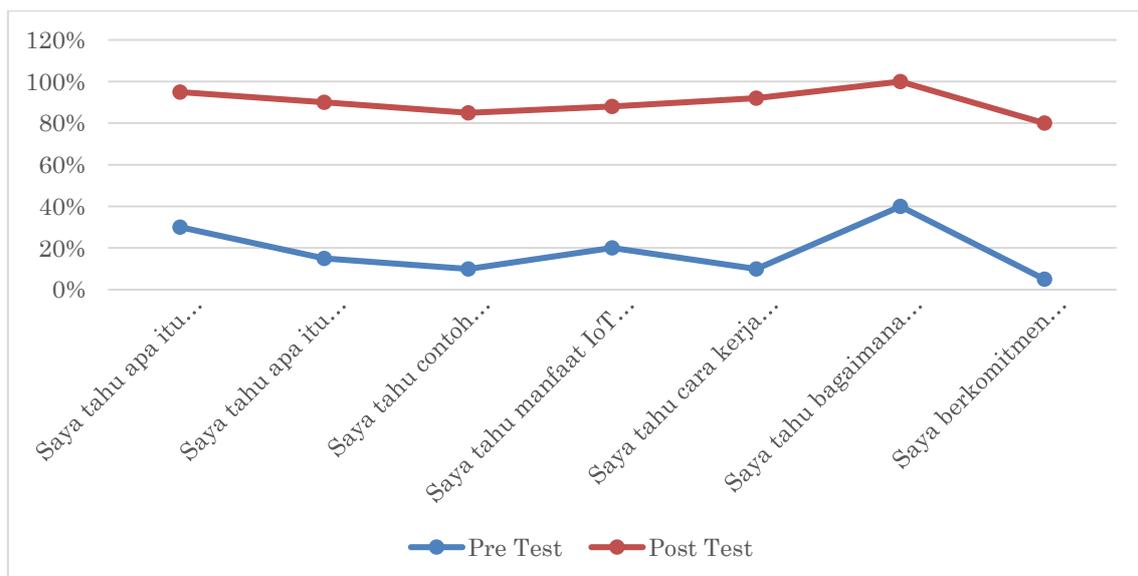
3. Evaluasi

Evaluasi kegiatan menggunakan quisioner pre test yang dilaksanakan sebelum pemaparan materi dan pelaksanaan kegiatan ini. Kemudian untuk membandingkan tingkat keberhasilan kegiatan dilakukan evaluasi menggunakan quisioner post test. Tabel 2 merupakan hasil perbandingan quisioner pre test dan post test yang diisi oleh 21 peserta kegiatan.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Pre Test dan Post Tes

No	Indikator Penilaian	Pretest	Post Test
1	Saya tahu apa itu hidroponik	30%	95%
2	Saya tahu apa itu Internet of Things (IoT)	15%	90%
3	Saya tahu manfaat IoT untuk Hidroponik	10%	85%
4	Saya tahu contoh sensor yang digunakan dalam hidroponik IoT	20%	88%
5	Saya tahu cara kerja sederhana sistem hidroponik IoT	10%	82%
6	Saya tahu bagaimana peran wanita tani dalam mendukung ketahanan pangan	40%	100%
7	Saya berkomitmen untuk mencoba menerapkan teknologi hidroponik IoT di Kelompok Wanita Tani	5%	80%

Berdasarkan hasil evaluasi pretest dan posttest, terlihat pada Gambar 5 adanya peningkatan pengetahuan dan komitmen peserta yang sangat signifikan terkait hidroponik berbasis IoT. Pada tahap pretest, pemahaman peserta terhadap hidroponik, IoT, manfaat, hingga cara kerja sistem masih tergolong rendah dengan capaian berkisar antara 5% hingga 40%. Namun setelah diberikan materi, hasil posttest menunjukkan lonjakan pengetahuan yang tinggi, mencapai 80% hingga 100% di semua indikator. Misalnya, pengetahuan tentang hidroponik meningkat dari 30% menjadi 95%, pemahaman tentang IoT dari 15% menjadi 90%, serta komitmen untuk mencoba menerapkan teknologi hidroponik IoT di kelompok wanita tani naik dari 5% menjadi 80%. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pembelajaran efektif dalam meningkatkan pemahaman dan motivasi peserta, khususnya kelompok wanita tani, dalam mendukung penerapan teknologi hidroponik IoT untuk ketahanan pangan.

**Gambar 5.** Grafik Perbandingan evaluasi pretes dan postest

4. Kendala yang Dihadapi atau Masalah Lain yang Terekam

Selama pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat, beberapa kendala yang dihadapi antara lain adalah keterbatasan pemahaman awal peserta terhadap konsep dasar teknologi Internet of Things (IoT), kurangnya kesiapan infrastruktur pendukung seperti jaringan internet yang stabil, serta keterbatasan perangkat IoT yang dimiliki oleh mitra untuk praktik lanjutan secara mandiri. Selain itu, sebagian peserta masih merasa kesulitan dalam mengoperasikan perangkat digital atau sensor secara langsung karena belum terbiasa dengan teknologi tersebut, terutama bagi anggota yang berusia lanjut. Faktor waktu dan kesibukan domestik para anggota KWT juga menjadi tantangan tersendiri dalam mengalokasikan waktu untuk praktik atau pengembangan lebih lanjut pasca pelatihan.

Sebagai solusi, disarankan dilakukan sesi pelatihan lanjutan secara bertahap dengan pendekatan learning by doing dan pendampingan praktik lapangan secara berkala. Untuk mengatasi keterbatasan perangkat dan jaringan, kolaborasi dengan pihak pemerintah desa atau CSR dari perusahaan lokal dapat dijajaki guna mendukung pengadaan alat dan peningkatan akses infrastruktur digital. Selain itu, dibuatkan modul atau panduan visual sederhana berbasis gambar untuk memudahkan pemahaman peserta, terutama bagi yang memiliki keterbatasan literasi digital.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas Kelompok Wanita Tani (KWT) Anggrek Asri melalui penerapan teknologi hidroponik berbasis Internet of Things (IoT) guna mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Berdasarkan hasil pelaksanaan, kegiatan ini terbukti mampu meningkatkan pengetahuan dan keterampilan anggota KWT secara signifikan. Peningkatan *hardskill* ditunjukkan melalui pemahaman konsep dan penerapan teknologi hidroponik IoT yang mengalami lonjakan dari rata-rata 15–30% pada pretest menjadi 82–95% pada posttest. Sementara itu, peningkatan *softskill* seperti komitmen dan kesadaran akan peran perempuan dalam ketahanan pangan juga mengalami peningkatan, dengan indikator komitmen peserta untuk menerapkan teknologi naik dari 5% menjadi 80%, dan kesadaran peran meningkat hingga 100%. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan yang dilakukan mampu memberdayakan perempuan secara teknologi dan sosial.

Sebagai tindak lanjut, disarankan untuk dilakukan pendampingan intensif jangka panjang dalam implementasi sistem hidroponik IoT di lingkungan KWT untuk memastikan keberlanjutan dan kemandirian. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait integrasi teknologi monitoring berbasis aplikasi mobile untuk mendukung manajemen tanaman secara digital, serta pengabdian di bidang lain seperti pemasaran digital

produk pertanian guna memperluas jangkauan pasar hasil panen kelompok tani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat (LPPM) Universitas Bina Sarana Informatika yang telah mendanai kegiatan pengabdian ini sehingga terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Akter, T., Mahmud, T., Chakma, R., Datta, N., Hossain, M. S., & Andersson, K. (2024). Smart Monitoring and Control of Hydroponic Systems Using IoT Solutions. *Proceedings - 2024 2nd International Conference on Inventive Computing and Informatics, ICICI 2024*, 761 – 767. <https://doi.org/10.1109/ICICI62254.2024.00128>
- Aurora, Y. H., Sawitri, B., & Saikhu, M. (2025). *Pengaruh Karakteristik Anggota KWT dan Peran Pemerintah Desa terhadap Partisipasi Anggota KWT dalam Pemanfaatan Lahan Pekarangan di Kecamatan Karang Kabupaten Trenggalek The Effect of the Characteristics and Role of the Village Government on the Partici*. 21(March 2023), 117–128.
- Ayu Kusuma Wardani, Dinda Ayuni Sari, Eis Suprihatin, Elsawati Sirait, & Taswanda Taryo. (2023). Implementasi Hidroponik Berbasis IoT Untuk Pertanian Era Masyarakat 5.0. *Humanis*, 3(2), 1003–1013.
- Debdas, S., Jain, A., Mariam, A., Maiti, A., & Borah, A. (2024). Enhancing Hydroponic Systems with IoT: Optimizing pH, Temperature, and Humidity Parameters. *3rd Odisha International Conference on Electrical Power Engineering, Communication and Computing Technology, ODICON 2024*. <https://doi.org/10.1109/ODICON62106.2024.10797531>
- Kulkarni, P. V., Gohokar, V., & Kulkarni, K. (2024). Smart Nutrient Management in Hydroponics: IoT-Driven Optimization for Enhanced Crop Yield and Resource Efficiency. *Panamerican Mathematical Journal*, 34(1), 128 – 140. <https://doi.org/10.52783/pmj.v34.i1.911>
- Novianty, I., Sholihah, W., & Puji Mumpuni, R. (2023). Nutrition Control and Moisture Control in Hydroponic Plants Based on IoT (Internet of Things). In W. E., E. H., A. M.S.B.M., P. A.A., A. A., S. N.A., S. T.U.P., D. L., R. B., F. O., I. S., S. R., D. I., N. V.A., & F. A.I.F. (Eds.), *E3S Web of Conferences* (Vol. 454). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345402016>
- Patel, J., Bhatt, T., & Joshi, A. (2024). IoT-Driven Enhancement of Hydroponic Fertilization Efficiency Through Machine Learning: A Data-Centric Strategy. *2nd International Conference on Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things, ICoICI 2024 - Proceedings*, 298 – 302. <https://doi.org/10.1109/ICoICI62503.2024.10696575>
- Pratama, M. A., & Sintaman, P. I. (2022). Peningkatan Kapasitas Kelompok Wanita Tani Melalui Digital Marketing Dalam Memaksimalkan Hasil Tani Yang Berkelanjutan Pasca Pandemi. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Khatulistiwa*, 5(2), 105–109.
- Purwanto, E., Rahmah, A., Rohmatunisa, R. N., Farisal, U., & Oktarina, S. (2025). *Komunikasi Digital dalam Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani (KWT) melalui Teknologi Smart Farming*. 1(4), 1–14.
- Putri, D. L., Abidin, Z., Prasmatiwati, F. E., & Kaskoyo, H. (2022). Kajian Ketahanan Pangan Rumah Tangga pada Berbagai Agroekosistem di Kabupaten Lampung Utara. *Agrikultura*, 33(3), 420. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.42579>

- Rafdhi, A. A., Nandiyanto, A. B. D., Hirawan, D., Soegoto, E. S., Luckyardi, S., & Mega, R. U. (2021). Smart Monitoring of Nutrient Content, pH Condition and Temperature in Vegetable Leaf Grown through Deep Flow Technique. *Moroccan Journal of Chemistry*, 9(4), 843 – 856. <https://doi.org/10.48317/IMIST.PRSM/morjchem-v9i4.29764>
- Rafi, B. A., Sarosa, M., & Sumari, A. D. W. (2024). Implementation of an IoT-Based High Efficiency and Low Maintenance Lettuce Hydroponic System. *Proceedings - IEIT 2024 - 2024 International Conference on Electrical and Information Technology*, 14 – 18. <https://doi.org/10.1109/IEIT64341.2024.10763247>
- Romy Aulia, Laksmana, I., Jingga, T. Z., Novita, R., Hendra, H., Harmailis, H., & Syelly, R. (2023). Penerapan Internet Of Things (IOT) Di Lingkungan Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura Dan Perkebunan Kabupaten Limapuluh Kota. *Journal Of Indonesian Social Society (JISS)*, 1(3), 104–108. <https://doi.org/10.59435/jiss.v1i3.177>
- Saravanan, J., Rosmiati, M., Selvan, S., Ramesh, B. K., Prabhu, S. M., & Raju, S. K. (2025). Integrating Internet of Things for Smart Hydroponics to Increase Productivity. *Instrumentation Measure Metrologie*, 24(2), 177 – 185. <https://doi.org/10.18280/i2m.240209>
- Sari, I. P., Novita, A., Al-Khowarizmi, A.-K., Ramadhani, F., & Satria, A. (2024). Pemanfaatan Internet of Things (IoT) pada Bidang Pertanian Menggunakan Arduino UnoR3. *Blend Sains Jurnal Teknik*, 4(4), 337–343. <https://doi.org/10.56211/blendsains.v2i4.505>
- Srivani, P., Yamuna Devi, C. R., Manjula, S. H., & Venugopal, K. R. (2023). Monitoring of environmental parameters using internet of things and analysis of correlation between the parameters in a DWC hydroponic technique. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 26(1), 60 – 72. <https://doi.org/10.1504/IJAIP.2023.133256>
- Waluyo, M. R., Nurfajriah, Mariati, F. R. I., & Rohman, Q. A. H. (2021). Pemanfaatan Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Terbatas Bagi Karang Taruna Desa Limo. *Ikraith-Abdimas*, 4(1), 61–64.
- Wardihani, E. D., Helmy, Nugroho, A. S., Badruzzaman, Y., Nursyahid, A., Setyawan, T. A., Nugraha, M. F. I., Anggreini, C. S., & Maharani, F. (2025). Synchronization of Data Transmission between Edge and Cloud Network in IoT-Based Hydroponic Systems. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 15(2), 601 – 609. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.15.2.20326>
- Wildan, M., & Jayadi, R. (2023). Internet Of Things Design Architecture Development For Controlling And Monitoring Hydroponic Plants. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 101(8), 2983 – 2995.
- Yeni Pramita, Sukasih, K., & Safitri, R. (2023). Model Strategi Adaptasi Kelompok Wanita Tani (KWT) Melalui Digital Marketing Sebagai Penanggulangan Pandemi COVID-19. *Jurnal Penyuluhan*, 19(01), 141–158. <https://doi.org/10.25015/19202342709>