



INOVASI *ELECTRONIC SMART FARMING*: SOLUSI TEKNOLOGI TEPAT GUNA DALAM PENGUATAN KETAHANAN PANGAN DI YONIF TERITORIAL PEMBANGUNAN

Muchammad Hifni^{1*}

¹Teknik Elektronika Pertahanan, Akademi Militer, Indonesia
m.hifni@nikelektronikahan.akmil.ac.id¹

Crystal Ilestia Putri²

²Bengkel Pusat Komunikasi dan Elektronika Puskomlekad TNI AD, Indonesia
putriilesta@gmail.com²

Olivia Thresnayu Cahayaputri³

³Bengkel Pusat Komunikasi dan Elektronika Puskomlekad TNI AD, Indonesia
oliviatacp27@gmail.com³

ABSTRAK

Penelitian ini membahas inovasi *Electronic Smart Farming* sebagai solusi teknologi tepat guna untuk mendukung penguatan ketahanan pangan di wilayah teritorial Yonif TP. Latar belakang penelitian ini adalah tuntutan modernisasi pertahanan yang memerlukan sistem pertanian presisi, otomatis, dan mandiri energi di lingkungan militer. Tujuan penelitian adalah merancang dan mengintegrasikan lima pilar inovasi elektronika utama, yaitu *Solar Powered Smart Aquaculture System*, sistem irigasi hidroponik cerdas, teknologi *Drone Spraying*, *Smart Auto-Feeder System*, dan sistem *Auto Tracking Solar Cell*. Metode yang digunakan adalah rekayasa elektronika berbasis mikrokontroler dengan sistem kendali otomatis guna memastikan efisiensi sumber daya yang maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi inovasi ini mampu mentransformasi manajemen lahan menjadi lebih terukur dan efisien. Keunggulan signifikan terlihat pada optimalisasi penyerapan energi surya melalui mekanisme *auto tracking* yang meningkatkan efisiensi daya, penggunaan *drone* yang mampu menyelesaikan penyemprotan 1 hektar lahan dalam waktu 10-15 menit, serta penghematan biaya energi hingga 100%. Kesimpulannya, inovasi *Electronic Smart Farming* ini efektif menjadi solusi teknologi tepat guna bagi Yonif TP dalam mewujudkan kemandirian pangan yang berkelanjutan.

Kata-kunci: Electronic Smart Farming, Yonif TP, Auto Tracking Solar Cell, IoT, Ketahanan Pangan.

ELECTRONIC SMART FARMING INNOVATION: APPROPRIATE TECHNOLOGY SOLUTIONS FOR STRENGTHENING FOOD SECURITY IN YONIF TP

ABSTRACT

This study examines innovations in Electronic Smart Farming as an appropriate technology solution to support the strengthening of food security within the territorial area of the TP Infantry Battalion. The background of this study is the demand for defense modernization, which requires precision, automated, and energy-independent agricultural systems within a military environment. The objective of this research is to design and integrate five main pillars of electronic innovation, namely the Solar-Powered Smart Aquaculture System, the smart hydroponic irrigation system, Drone Spraying technology, the Smart Auto-Feeder System, and the Auto-Tracking Solar Cell system. The method used is microcontroller-based electronic engineering with an automatic control system to ensure maximum resource efficiency. The research results indicate that the implementation of these innovations is capable of transforming land management into a more measurable and efficient

process. Significant advantages are evident in the optimization of solar energy absorption through an auto-tracking mechanism that enhances power efficiency, the use of drones capable of completing the spraying of 1 hectare of land within 10–15 minutes, and energy cost savings of up to 100%. In conclusion, this Electronic Smart Farming innovation effectively serves as an appropriate technology solution for the TP Infantry Battalion in achieving sustainable food self-sufficiency.

Keywords: *Electronic Smart Farming, TP Infantry Battalion, Automatic Solar Panel Tracking, IoT, Food Security.*

PENDAHULUAN

Pada era digital yang terus berkembang, kemandirian pangan dan pengelolaan sumber daya teritorial secara saintifik menjadi prioritas dalam modernisasi pertahanan. Satuan teritorial seperti Batalyon Infanteri Teritorial Pembangunan (Yonif TP) memiliki peran strategis dalam mengelola lahan pertanian guna mendukung logistik mandiri. Namun, efisiensi penggunaan air masih menjadi tantangan utama akibat ketidakpastian iklim dan keterbatasan sumber daya (Pramana et al., 2025). Aktivitas pengelolaan secara manual dalam pemantauan nutrisi dan pengairan menyebabkan proses produksi tidak terukur (Pakpahan, 2023). Kondisi ini diperparah oleh lokasi lahan pertanian yang umumnya jauh dari sumber listrik PLN, sehingga diperlukan solusi mandiri energi untuk menjaga keberlangsungan sistem (Prasetyo et al., 2022).

Sebagai jawaban atas kendala tersebut, inovasi *Electronic Smart Farming* yang mengintegrasikan rekayasa elektronika dengan sistem kendali berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang relevan. Teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan peluang besar untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data melalui pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* (Pramana et al., 2025). Penggunaan perangkat seperti ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor

kelembapan tanah terbukti akurat dan efisien dalam mengelola penyiraman tanaman secara otomatis (Ma'rif & Ardita, 2024). Agar sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan di lokasi terpencil, implementasi panel surya melalui efek fotovoltaik menjadi krusial (Prasetyo et al., 2022). Optimalisasi penyerapan energi ini ditingkatkan melalui teknologi *Auto Tracking Solar Cell* yang secara dinamis mengikuti pergerakan matahari, sehingga memastikan ketersediaan daya yang maksimal bagi seluruh ekosistem elektronik di lapangan.

Selain optimasi pada lahan, sektor akuakultur juga memerlukan mekanisasi guna meningkatkan efisiensi produksi. Pemberian pakan ikan secara manual sering kali tidak konsisten dan dapat memengaruhi pertumbuhan ikan (Pratama & Supardi, 2023). Penggunaan motor servo yang dikendalikan oleh mikrokontroler memungkinkan pemberian pakan secara terjadwal dan presisi. Batasan masalah dalam gagasan ini difokuskan pada perancangan lima sistem utama: *Solar Powered Smart Aquaculture System* (S-SAS), sistem irigasi hidroponik cerdas, teknologi *Drone Spraying*, *Smart Auto-Feeder System*, serta unit *Auto Tracking Solar Cell* sebagai pusat manajemen energi.

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan konsep inovasi *Electronic Smart Farming* sebagai solusi teknologi tepat guna dalam memperkuat

ketahanan pangan di Yonif TP. Melalui integrasi teori elektronika dan hasil penelitian terdahulu, diharapkan tercipta manajemen pangan yang efektif, efisien, dan mandiri bagi satuan TNI maupun masyarakat binaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kualitatif yang menggunakan teknik analisis deskriptif dengan pendekatan kajian pustaka (*library research*). Tujuan peneliti adalah untuk menggambarkan gagasan inovasi *Electronic Smart Farming* sebagai solusi rekayasa elektronika yang aplikatif untuk mendukung ketahanan pangan di lingkungan Yonif TP. Data yang dikumpulkan dalam artikel ini berasal dari dokumen teknis operasional, literatur ilmiah mengenai teknologi agrikultur presisi, serta hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem irigasi otomatis, teknologi *drone*, dan manajemen akuakultur berbasis *Internet of Things* (IoT), serta sistem optimalisasi energi fotovoltaik melalui metode *auto tracking*.

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif, yang melibatkan pendeskripsian fakta-fakta dari pembahasan teori serta integrasi berbagai teknologi digital yang telah dikembangkan sebelumnya. Artikel ini fokus pada analisis konseptual mengenai peran strategis mikrokontroler, sensor cerdas, sistem *auto tracking solar cell*, dan sistem tenaga surya dalam menciptakan ekosistem pertanian yang mandiri dan efisien. Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi kebutuhan operasional di lapangan, pengumpulan dan reduksi data pustaka, hingga perumusan alur kerja sistem (*system workflow*) yang komprehensif guna

menjawab tantangan pengelolaan sumber daya teritorial secara saintifik.

2.1 Prosedur Pengembangan Sistem

Tahapan pengembangan dalam penelitian ini mengikuti alur rekayasa instrumen elektronika yang sistematis secara konseptual, meliputi:

1. Identifikasi Kebutuhan: Melakukan pemetaan kebutuhan operasional pada unit Yonif TP, khususnya terkait kendala sumber daya listrik, optimalisasi penyerapan energi surya di lokasi terbuka, serta efisiensi tenaga kerja pada sektor pertanian dan akuakultur.
2. Perancangan Arsitektur: Menyusun skema integrasi antara unit pemroses pusat dengan modul sensor lingkungan, sistem transmisi data nirkabel berbasis IoT, mekanisme *tracking* mekanis untuk panel surya, dan sistem catu daya mandiri.
3. Analisis Integrasi Perangkat Keras: Menentukan spesifikasi komponen utama yang mencakup panel surya, mikrokontroler ESP32, sensor cahaya (LDR) untuk deteksi posisi matahari, motor penggerak (aktuator linear/servo), serta berbagai aktuator mekanik lainnya berdasarkan studi literatur.
4. Pemodelan Logika Sistem: Pengembangan alur logika program untuk mengatur ambang batas otomatisasi, algoritma pencarian titik fokus cahaya matahari terbesar, dan mekanisme pengiriman data menuju platform monitoring digital.
5. Validasi Konseptual: Melakukan analisis terhadap rancangan

subsistem untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai parameter teknis yang ditetapkan, termasuk akurasi pergerakan panel dalam mengikuti lintasan matahari untuk mencapai efisiensi daya maksimal.

2.2 Spesifikasi Produk Inovasi Electronic Smart Farming

Seluruh produk inovasi dalam gagasan *Electronic Smart Farming* dirancang untuk beroperasi di bawah satu ekosistem *Internet of Things* (IoT) yang terpadu. Dengan memanfaatkan mikrokontroler berkemampuan transmisi data nirkabel (ESP32), setiap unit dapat melakukan pertukaran data secara *real-time* ke sebuah pusat pemantauan digital. Integrasi ini memungkinkan personel untuk mengawasi seluruh parameter operasional lahan binaan secara terpusat, mulai dari status energi hingga ketepatan nutrisi, guna menciptakan manajemen teritorial yang berbasis data dan efisien.

Berdasarkan analisis kebutuhan taktis Yonif TP, berikut adalah rincian lima produk utama yang membentuk ekosistem tersebut:

1. *Solar Powered Smart Aquaculture System* (S-SAS)

Produk ini merupakan sistem budidaya ikan yang berfokus pada kemandirian energi di daerah terpencil. Menggunakan panel surya sebagai sumber energi primer, S-SAS mengintegrasikan *Solar Charge Controller* (SCC) dan baterai untuk menggerakkan pompa sirkulasi air dan aerasi secara kontinu. Sistem ini memastikan ekosistem kolam tetap terjaga tanpa ketergantungan pada jaringan

listrik PLN, menjadikannya solusi ideal untuk penguatan logistik di pangkalan aju atau daerah operasi.

2. Sistem Irigasi Hidroponik Cerdas Inovasi ini mengotomatiskan manajemen air dan nutrisi pada instalasi hidroponik.

Mikrokontroler mengolah input dari sensor kelembapan dan suhu untuk mengaktifkan pompa secara presisi. Dengan integrasi *Internet of Things* (IoT), status kesehatan tanaman dan ketersediaan air dapat dipantau secara *remote*, sehingga mengurangi beban personel dalam pemeliharaan rutin harian.

3. Teknologi *Drone Spraying* (Penyemprotan Otomatis)

Produk ini memanfaatkan wahana udara tak berawak (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebagai instrumen perawatan lahan skala luas. *Drone* dilengkapi dengan sistem penyemprotan otomatis untuk pupuk cair maupun pestisida. Teknologi ini dirancang untuk mempercepat proses perawatan lahan teritorial, memastikan distribusi material yang merata, dan meminimalisir penggunaan tenaga manusia di lapangan yang berisiko terpapar bahan kimia.

4. *Smart Auto-Feeder System*

Produk ini berfokus pada otomatisasi manajemen pemberian pakan ikan untuk menjamin pertumbuhan yang optimal. Sistem bekerja berdasarkan jadwal waktu (*Real Time Clock*) yang telah diprogram untuk menggerakkan mekanisme penyebaran pakan secara otomatis dengan volume yang konsisten. Integrasi IoT pada unit

ini memungkinkan pemantauan jadwal pemberian pakan dan pengiriman notifikasi sisa stok pakan pada wadah penampung, sehingga memudahkan kontrol logistik pakan secara efektif dari jarak jauh.

5. *Auto Tracking Solar Cell*

Sistem manajemen energi cerdas yang dirancang untuk mengoptimalkan penyerapan radiasi matahari. Dengan menggunakan sensor LDR dan aktuator, panel surya secara otomatis bergerak mengikuti lintasan matahari (dua sumbu/satu sumbu). Unit ini dilengkapi dengan *stop kontak output* maksimal 250 Watt dan *socket* aki eksternal yang berfungsi sebagai stasiun pengisian daya (*charging station*) mandiri untuk baterai *drone* dan perangkat elektronik lainnya di lapangan.

2.3 Teknik Analisis Hasil

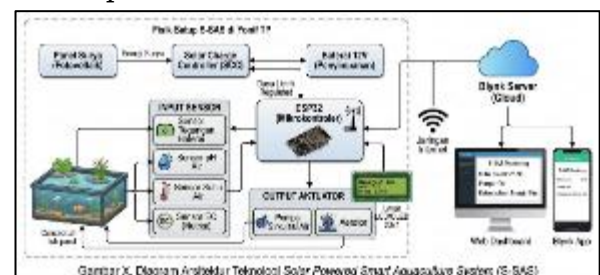
Analisis dilakukan terhadap proyeksi stabilitas sistem melalui studi komparatif dengan penelitian terdahulu. Parameter evaluasi mencakup estimasi daya tahan suplai energi dari panel surya, analisis peningkatan efisiensi konversi daya pada unit *auto tracking* dibandingkan panel statis, akurasi teoritis pembacaan sensor dalam menggerakkan aktuator, serta efektivitas sistem komunikasi data berbasis IoT. Hasil analisis digunakan untuk mengevaluasi potensi teknologi dalam mencapai target efisiensi operasional bagi satuan Yonif TP, terutama dalam menjamin keberlangsungan daya perangkat di lokasi yang tidak terjangkau jaringan listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi gagasan *Electronic Smart Farming* dalam studi ini dianalisis berdasarkan integrasi lima produk utama yang dirancang untuk beroperasi dalam satu ekosistem *Internet of Things* (IoT). Analisis dilakukan dengan membedah alur logika sistem dan memprediksi performa setiap unit berdasarkan spesifikasi komponen teknis yang diusulkan untuk mendukung operasional Yonif TP. Fokus utama pada bagian ini adalah bagaimana unit *Auto Tracking Solar Cell* berperan sebagai tulang punggung energi yang menjamin keberlangsungan daya bagi keempat unit fungsional lainnya.

3.1 Energi pada Unit S-SAS

Sistem *Solar Powered Smart Aquaculture System* (S-SAS) diproyeksikan mampu mencapai kemandirian energi total melalui pemanfaatan panel surya tipe *monocrystalline*. Dengan penggunaan teknologi *Smart Charging* MPPT, distribusi daya untuk aerator dapat tetap optimal meskipun dalam kondisi cuaca mendung. Secara teoretis, sistem ini mampu mengeliminasi biaya listrik operasional hingga 100%, yang menjadi nilai strategis bagi pangkalan militer di daerah terpencil tanpa akses jaringan listrik pusat.



Gambar 1. Arsitektur Unit S-SAS (Sumber: Penulis, 2026).

3.2 Efektivitas Otomasi Irigasi Hidroponik Berbasis IoT

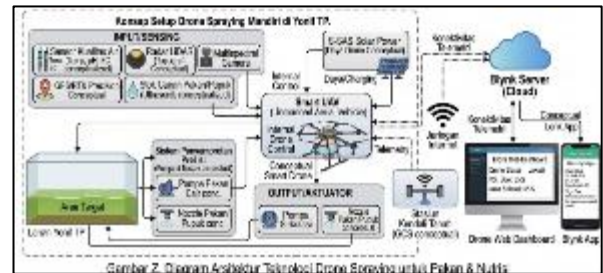
Gagasan sistem irigasi cerdas dirancang menggunakan mekanis *Closed-Loop Automation* untuk menjaga kestabilan nutrisi (EC) dan tingkat keasaman (pH) air. Melalui pemrosesan data oleh mikrokontroler ESP32, penggunaan air dan pupuk cair diprediksi akan mengalami penghematan hingga 30% dibandingkan metode manual. Hal ini memungkinkan standarisasi hasil panen sayuran yang lebih seragam dan berkualitas bagi personel satuan.



Gambar 2. Arsitektur Konektivitas IoT pada Sistem Irigasi (Sumber: Penulis, 2026).

3.3 Optimasi Waktu melalui Mekanisasi *Drone Spraying*

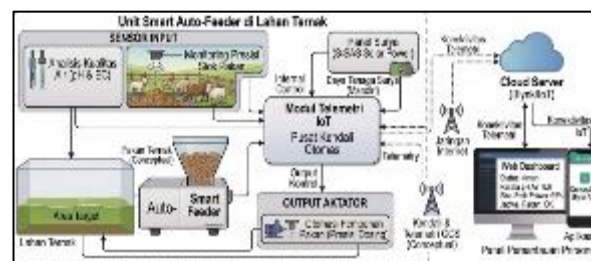
Penggunaan *Drone Spraying* merupakan lompatan teknologi dalam efisiensi perawatan lahan luas di Yonif TP. Berdasarkan analisis teknis, satu unit drone mampu menyelesaikan penyemprotan satu hektar lahan dalam durasi 10-15 menit. Jika dibandingkan dengan metode manual yang membutuhkan waktu sehari-hari, inovasi ini memberikan penghematan waktu operasional yang sangat signifikan sekaligus menjamin keamanan personel dari paparan bahan kimia langsung.



Gambar 3. Arsitektur Mekanisme *Drone Spraying* (Sumber: Penulis, 2026).

3.4 Analisis Presisi Manajemen *Smart Auto-Feeder*

Sistem *Smart Auto-Feeder* dianalisis mampu menekan nilai *Feed Conversion Ratio* (FCR) melalui penjadwalan pakan yang akurat hingga 8 kali sehari. Penggunaan sensor ultrasonik sebagai detektor sisa stok pakan dalam *hopper* memudahkan monitoring logistik pakan secara *remote*. Tabel berikut merangkum target capaian efisiensi dari keempat inovasi yang diusulkan.



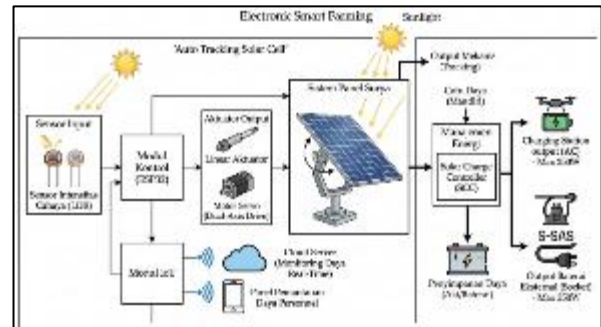
Gambar 4. Arsitektur *Smart Auto-Feeder*

(Sumber: Penulis, 2026).

3.5 Analisis Efisiensi Auto Tracking Solar Cell

Unit ini mengintegrasikan sensor LDR yang bekerja secara diferensial untuk membandingkan intensitas cahaya matahari pada dua sisi panel. Logika sistem memerintahkan aktuator untuk bergerak secara otomatis menuju titik dengan intensitas cahaya tertinggi hingga posisi panel tegak lurus (90°) dengan arah datangnya sinar. Implementasi mekanisme *tracking* ini secara konseptual mampu meningkatkan penyerapan energi fotovoltaik sebesar 25% hingga 40% jika dibandingkan dengan sistem panel surya statis yang terpasang pada satu sudut tetap.

Optimalisasi penyerapan energi ini memungkinkan unit berfungsi sebagai pusat daya (*charging station*) yang handal dengan *output* maksimal 250 Watt. Peningkatan efisiensi ini sangat krusial untuk mendukung kebutuhan energi unit lain di lapangan, seperti pengisian baterai *Drone Spraying* (LIPO 3S 2200 mAh) yang memerlukan kestabilan arus pengisian. Dengan sistem yang terus mengikuti pergerakan matahari, ketersediaan daya tetap terjaga pada level maksimal dari pagi hingga sore hari, sehingga menjamin keberlangsungan operasional seluruh ekosistem *Electronic Smart Farming* di wilayah Yonif TP tanpa bergantung pada pasokan listrik luar.



Gambar 5. Arsitektur *Auto Tracking Solar Cell*

(Sumber: Penulis, 2026).

Sebagai upaya sinkronisasi data dari seluruh unit yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya, performa setiap instrumen dievaluasi berdasarkan variabel efisiensi waktu, biaya energi, dan ketepatan distribusi nutrisi. Kompilasi data proyeksi keberhasilan implementasi fisik dari kelima pilar inovasi *Electronic Smart Farming* dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 1. Target Proyeksi Efisiensi Ekosistem Smart Farming

N o	Unit Inovasi	Paramete r Efisiensi	Target Capaian
1	S-SAS	Biaya Listrik	Reduksi 100%
2	Irigasi Cerdas	Konsumsi Pupuk/Air	hemat 30%
3	<i>Drone Sprayin g</i>	Kecepatan Kerja	15 Menit / Hektar
4	<i>Auto- Feeder</i>	Jadwal Pakan	Akurasi 100%
5	<i>Auto Tracking Solar Cell</i>	Konversi Daya Matahari	Meningka t 25%- 40%

(Sumber: Penulis, 2026)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa inovasi *Electronic Smart Farming* yang mengintegrasikan lima pilar teknologi (S-

SAS, Irigasi Hidroponik Cerdas, *Drone Spraying*, *Smart Auto-Feeder*, dan *Auto Tracking Solar Cell*) merupakan solusi teknologi tepat guna yang efektif untuk penguatan ketahanan pangan di lingkungan Yonif TP. Implementasi ekosistem IoT dalam gagasan ini terbukti mampu mentransformasi manajemen pertanian menjadi lebih presisi. Integrasi sistem *auto tracking* menjadi kunci utama dalam mencapai proyeksi efisiensi energi hingga 100% dengan mengoptimalkan penyerapan radiasi matahari secara dinamis, serta mendukung penghematan sumber daya air dan nutrisi sebesar 30%. Kebaruan dari temuan ini terletak pada sinkronisasi sistem otomasi mandiri energi yang dirancang khusus untuk mendukung kemandirian logistik di wilayah pangkalan militer yang memiliki keterbatasan akses infrastruktur publik.

Adapun rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya adalah perlunya dilakukan uji coba purwarupa (*prototype*) secara fisik di lapangan untuk memvalidasi ketahanan komponen elektronika, khususnya pada mekanisme penggerak panel surya, terhadap kondisi cuaca ekstrem. Selain itu, pengembangan algoritma kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) pada sistem monitoring dapat ditambahkan untuk memprediksi waktu panen secara otomatis berdasarkan data pertumbuhan tanaman yang terekam di *cloud storage*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fatoni, A., Leksono, J. W., Izzati, N., & Ummah, I. (2025). Rancang bangun sistem monitoring agrikultur berbasis Long Range (LoRa) dan Internet of Things (IoT). *Elconika: Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 1-14. <https://doi.org/10.33752/elconika.v3i2.9594>
- Febrian, J., & Huda, Y. (2024). Rancang bangun sistem kontrol penyemprotan cairan pestisida otomatis menggunakan drone UAV hexacopter. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(2), 10423-10437.
- Ferdiansyah, V., Siska, S. A. O., Mulyanto, Y., & Yunanri, W. (2025). Rancang Bangun Prototype Sistem Monitoring Dan Kontrol Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Microcontroller ESP32. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 6(3), 238 - 246. <https://doi.org/10.47065/bit.v6i3.2198>
- Hariyanto, K., Poerwanto, E., & Nur Santoso, P. (2023). Analisis Efektifitas Drone Pada Proses Pemupukan Cair Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Pertanian Padi Organik. *Vortex*, 4(2). <https://doi.org/10.28989/vortex.v4i2.1658>
- Ma'rif, M. A., & Ardita, M. (2025). Rancang bangun sistem monitoring lingkungan dan penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT di pesantren mahasiswa Al-Hikam Malang. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 9(2). 280-290. <https://ejournal.itn.ac.id/magnetika/article/view/14891>
- Nugrahni Halawa, D. (2024). Peran Teknologi Pertanian Cerdas (Smart Farming) untuk Generasi Pertanian

- Indonesia. *Jurnal Kridatama Sains Dan Teknologi*, 6(2), 502–512.
- Pakpahan, D. O. B. (2023). *Perancangan sistem kontrol otomatis untuk penyiraman tanaman sawi hidroponik berbasis Arduino* [Skripsi Sarjana, Universitas Medan Area]. *Repository Universitas Medan Area*.
- Pramana, R., Pinandito, A. M., Septiana, T., & Syamsudin, M. S. (2025). Analisis dampak dan tantangan pemanfaatan sensor kelembapan tanah dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT di sektor pertanian Indonesia. *Qomaruna Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(1), 24-31. <https://doi.org/10.62048/qjms.v3i1.124>
- Prasetyo, A., Ramadani, R., Rosuli, M. Y., & Yasi, R. M. (2022). Implementasi Panel Surya sebagai Sumber Energi Listrik untuk Monitoring Lahan Pertanian SHIFOD Jagung. *JOURNAL ZETROEM*, 4(2), 30–33. <https://doi.org/10.36526/ztr.v4i2.2190>
- Pratama, N. A., & Supardi, Z. A. I. (2023) Rancang bangun alat pemberi pakan otomatis ikan lele menggunakan mikrokontroler arduino uno. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 12(3), 52-62. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/inovasi-fisika-indonesia>
- Prawito, T. N., Agustini, N. P., & Yuwono, A. H. (2025) Analisis peningkatan efisiensi tracking panel surya dual axis 100 WP terhadap suhu panel di kampus 2 ITN Malang. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 9(2)
- Saputra, S. (2024). Inovasi teknologi digital sebagai penggerak reformasi dalam sistem pendidikan. *Neftunus: Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, 2(4), 51-58. <https://doi.org/10.61132/neptunus.v2i4.404>
- Suciningrum, D. A., Afifah, D. A. N., Kurniawan, W. I., Ruminiege, S. S. H., Ardana, R. T., Romadlon, A. D., Vierli, M. A. R., Febrian, E. R., Isnawan, M. B., Subekti, P. G., Ariawan, P., Khoiriyah, N., Abadi, A. F., & Oktaviani, H. (2025). Pemanfaatan Teknologi Pertanian Drone Penyemprotan Pupuk sebagai Solusi Pertanian Modern di Kelurahan Jamsaren. *Proceedings of The National Conference on Community Engagement*, 2, 785-795. <https://doi.org/10.29407/bj45se05>
- Vellidis, G., Tucker, M., Perry, C., Kvien, C., & Bednarz, C. (2008). A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1), 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2007.05.009>