

## INOVASI PERTANIAN DIGITAL DALAM PENGELOLAAN NUTRISI CAIR NITROGEN TANAMAN KANGKUNG

Herman Saputra<sup>1</sup>, Nofriadi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Sistem Komputer, Universitas Royal

Email: <sup>1</sup>hermansaputra@gmail.com

**Abstract:** *The management of liquid nitrogen nutrients in water spinach cultivation is still largely performed manually, which can lead to inaccurate dosage, irregular fertilization schedules, and uneven nutrient distribution. This study aims to design and implement a digital agriculture system based on the Internet of Things (IoT) for managing liquid nitrogen nutrients in water spinach cultivation. The research adopts an applied research method with a systems engineering approach. The developed system utilizes an ESP32 microcontroller as the main control unit, a Real Time Clock (RTC) module for fertilization scheduling, a relay as an actuator controller, and a water pump to automatically distribute liquid nutrients according to plant growth stages. The study was conducted on a water spinach cultivation field in Punggulan Village, Asahan Regency, using one planting bed as the research sample. The implementation results indicate that the system is capable of delivering liquid nutrients in a scheduled and consistent manner, thereby improving fertilization efficiency in terms of time, labor, and uniformity of nutrient distribution. Furthermore, the application of this system has a positive impact on the growth of water spinach plants. Therefore, the proposed system has the potential to enhance land productivity and support the adoption of IoT-based modern agricultural technology.*

**Keyword:** *Internet of Things, ESP32, Real Time Clock, liquid nitrogen nutrients, water spinach, digital agriculture*

**Abstrak:** Pengelolaan nutrisi cair nitrogen pada budidaya tanaman kangkung masih banyak dilakukan secara manual, sehingga berpotensi menimbulkan ketidaktepatan dosis, ketidakteraturan waktu pemupukan, serta distribusi nutrisi yang tidak merata. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem pertanian digital berbasis Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan nutrisi cair nitrogen pada tanaman kangkung. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan dengan pendekatan rekayasa sistem. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali utama, modul Real Time Clock (RTC) sebagai penjadwal pemupukan, relay sebagai pengendali aktuatur, serta pompa air untuk mendistribusikan nutrisi cair secara otomatis sesuai umur tanaman. Penelitian dilaksanakan pada lahan budidaya kangkung di Desa Punggulan, Kabupaten Asahan, dengan satu bulutan sebagai sampel penelitian. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pemberian nutrisi cair secara terjadwal dan konsisten, serta meningkatkan efisiensi pemupukan dari segi waktu, tenaga kerja, dan pemerataan distribusi nutrisi. Penerapan sistem ini juga memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan berpotensi mendukung peningkatan produktivitas lahan dan penerapan teknologi pertanian modern berbasis IoT.

**Kata kunci:** Internet of Things, ESP32, RTC, nutrisi cair nitrogen, tanaman kangkung, pertanian digital.

## PENDAHULUAN

Pupuk cair memiliki peran strategis dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman, khususnya pada tanaman hortikultura berumur pendek seperti kangkung. Dibandingkan pupuk padat, pupuk cair lebih mudah diserap oleh akar maupun daun tanaman karena unsur hara yang terkandung di dalamnya bersifat larut dalam air. Kondisi ini memungkinkan nutrisi makro dan mikro dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman untuk mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan, sehingga respons pertumbuhan tanaman menjadi lebih cepat dan optimal (Alfriany Salo et al., 2025) (Hasanah et al., 2025).

Dalam praktik budidaya kangkung, pupuk cair berbasis nitrogen seperti urea atau ZA umumnya diberikan pada fase awal pertumbuhan, sedangkan pupuk NPK cair diberikan pada fase pertumbuhan lanjutan. Namun, pemberian pupuk cair yang masih dilakukan secara manual memiliki sejumlah keterbatasan, terutama pada aspek ketepatan dosis, waktu aplikasi, dan pemerataan distribusi pupuk (Hasanah et al., 2025). Pada lahan pertanian berskala kecil hingga menengah, metode manual sering menyebabkan distribusi nutrisi yang tidak merata, kebutuhan tenaga kerja yang tinggi, serta potensi pemborosan pupuk akibat terbawa aliran air irigasi (Aditya et al., 2025) (Lingkungan & Berbasis, 2025)

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem penyiraman pupuk cair berbasis IoT dengan modul penjadwalan menggunakan mikrokontroler dan Real Time Clock (RTC). Sistem ini dirancang untuk mengatur pemberian pupuk nitrogen dan NPK cair secara otomatis sesuai dengan umur tanaman kangkung pada lahan studi kasus di Desa Punggulan. Diharapkan sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen

tanaman kangkung (Zulkipli et al., 2024) (Laela Uziah et al., 2024).

## Nutrisi Cair

Nutrisi cair merupakan pupuk atau sumber unsur hara yang diformulasikan dalam bentuk larutan dan diaplikasikan langsung kepada tanaman, baik melalui sistem perakaran dengan metode irigasi maupun melalui daun menggunakan teknik penyemprotan. Dibandingkan dengan pupuk padat, nutrisi cair memiliki tingkat penyerapan yang lebih cepat karena unsur hara telah berada dalam bentuk ion yang siap diserap oleh jaringan tanaman (Dwi Rahmayanti et al., 2024). Penggunaan nutrisi cair banyak diterapkan dalam sistem pertanian modern, seperti hidroponik dan budidaya intensif lainnya, yang menuntut pengelolaan nutrisi secara tepat, terukur, dan efisien (Nensia Natalia Waruwu et al., 2024).

Salah satu keunggulan nutrisi cair adalah kemampuannya untuk memberikan efek yang cepat terhadap pertumbuhan tanaman. Karena diberikan dalam bentuk larutan, petani bisa menyesuaikan dosis dan jenis unsur hara sesuai kebutuhan spesifik tanaman pada fase pertumbuhan tertentu, misalnya fase vegetatif, generatif, atau saat terjadi defisiensi nutrisi. Beberapa jenis nutrisi cair juga diperkaya dengan zat tambahan seperti hormon tumbuh, enzim, atau mikroorganisme yang mendukung kesehatan tanaman (Taula'bi et al., 2024).

## Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu paradigma teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung ke jaringan internet untuk saling bertukar dan mengolah

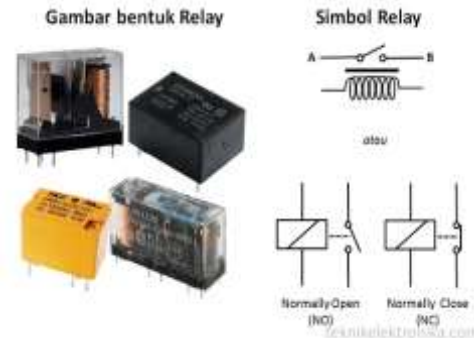
data. Perangkat tersebut mencakup sensor, aktuator, peralatan elektronik, mesin industri, kendaraan, hingga sistem pertanian. Melalui penerapan IoT, setiap perangkat dapat berinteraksi dan berkomunikasi secara otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung, sehingga mendukung proses otomatisasi, pemantauan real-time, serta pengambilan keputusan yang lebih efektif dan efisien (Buulolo et al., 2025)

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) didorong oleh kemajuan pesat pada bidang mikrokontroler, ketersediaan sensor berbiaya rendah, konektivitas internet yang semakin andal, serta dukungan komputasi awan (*cloud computing*). Implementasi IoT telah mendorong terjadinya transformasi digital di berbagai sektor, termasuk pertanian, kesehatan, manufaktur, dan transportasi. Meskipun menawarkan berbagai keunggulan, penerapan IoT secara luas masih menghadapi sejumlah tantangan, seperti isu keamanan data, perlindungan privasi, serta kompatibilitas antarperangkat yang perlu mendapatkan perhatian serius.

### Relay

Relay merupakan komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai sakelar otomatis untuk mengendalikan arus listrik berdaya besar menggunakan sinyal listrik berdaya rendah. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, relay digunakan sebagai penghubung antara rangkaian kendali dan beban seperti pompa air atau katup solenoid. Ketika relay menerima sinyal kendali, kontak internal akan berubah posisi sehingga memungkinkan atau memutuskan aliran listrik ke beban. Penggunaan relay memungkinkan sistem otomasi

bekerja secara aman, terisolasi, dan efisien dalam mengendalikan perangkat listrik pada berbagai aplikasi, termasuk sistem penyiraman dan pemupukan otomatis berbasis IoT (Shaddiq et al., 2025).



### Motor Pompa DC

Pompa air DC merupakan jenis pompa yang digerakkan oleh motor arus searah (DC) dengan sumber tegangan searah sebagai tenaga penggerakannya. Pemberian beda potensial pada kedua terminal motor akan menghasilkan putaran pada poros motor, sedangkan perubahan polaritas tegangan akan menyebabkan arah putaran motor berbalik. Dengan demikian, arah putaran motor ditentukan oleh polaritas tegangan yang diberikan, sementara besarnya tegangan berpengaruh langsung terhadap kecepatan putaran motor.



### ESP32S

ESP32 merupakan mikrokontroler berperforma tinggi yang dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, sehingga sangat sesuai untuk aplikasi Internet of Things (IoT). Perangkat ini memiliki kemampuan pemrosesan yang cepat, konsumsi daya rendah, serta dukungan berbagai antarmuka input/output seperti GPIO, ADC, PWM, dan komunikasi serial, yang memungkinkan ESP32 digunakan sebagai pusat kendali dan monitoring pada sistem otomasi dan perangkat cerdas (Alfriany Salo et al., 2025) (Aditya et al., 2025).



### Real Time Clock (RTC)

RTC (*Real Time Clock*) merupakan modul yang berfungsi untuk menyimpan dan menjaga informasi waktu secara akurat, seperti detik, menit, jam, tanggal, bulan, dan tahun. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, RTC digunakan sebagai penjadwal waktu agar proses kendali atau otomasi dapat berjalan sesuai waktu yang telah ditentukan meskipun sistem mengalami pemadaman listrik.



## METODE

### Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan (applied research) dengan pendekatan rekayasa sistem (engineering research). Pendekatan ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem pertanian digital berbasis Internet of Things (IoT) dalam pengelolaan nutrisi cair nitrogen pada tanaman kangkung

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada lahan budidaya tanaman kangkung di Desa Punggulan, Kecamatan Air Joman, Kabupaten Asahan. Waktu penelitian meliputi tahap perancangan sistem, implementasi alat, serta pengujian kinerja sistem selama satu siklus pertumbuhan tanaman kangkung

### Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian berupa sistem pengelolaan nutrisi cair nitrogen berbasis IoT. Subjek penelitian adalah tanaman kangkung yang dibudidayakan pada satu bulatan sebagai sampel penelitian, dengan perlakuan pemupukan cair nitrogen yang dikendalikan secara otomatis melalui sistem penjadwalan.

### Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan melalui beberapa tahapan, meliputi:

1. Perancangan arsitektur sistem IoT, yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, modul RTC, relay, dan pompa air.
2. Perancangan sistem penjadwalan pemupukan, di mana pemberian nutrisi cair nitrogen diatur berdasarkan umur tanaman.
3. Perancangan alur kerja sistem, mulai dari pengambilan waktu oleh RTC, pengolahan data oleh mikrokontroler, hingga pengaktifan pompa melalui relay.

### Implementasi Sistem

Tahap implementasi meliputi perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler ESP32, serta integrasi modul RTC dan aktuator. Sistem dikonfigurasi untuk melakukan penyiraman nutrisi cair nitrogen secara otomatis sesuai jadwal yang telah ditentukan. Data proses pemupukan dapat dipantau melalui koneksi internet sebagai bagian dari penerapan pertanian digital.

### Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui:

1. Observasi langsung, untuk melihat kinerja sistem dan pertumbuhan tanaman.
2. Pengukuran teknis, meliputi waktu penyiraman, volume nutrisi yang diberikan, dan respons sistem.
3. Dokumentasi, berupa data hasil implementasi dan pengujian sistem.

### Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan membandingkan hasil pemupukan

otomatis terhadap jadwal dan dosis yang telah ditetapkan. Analisis difokuskan pada efektivitas sistem dalam mengelola nutrisi cair nitrogen serta kestabilan kinerja sistem IoT.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### ESP32S dan dioda LED

1. Pin anoda led dihubungkan ke pin GPIO 23 ESP32S
2. Pin katoda led dihubungkan ke pin GND ESP32S

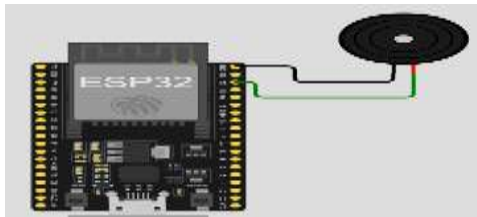


Gambar di atas menunjukkan rangkaian sederhana antara board mikrokontroler ESP32S dan satu buah dioda LED. Pada rangkaian ini, kaki anoda (positif) LED dihubungkan ke salah satu pin digital pada ESP32S, sedangkan kaki katoda (negatif) dihubungkan ke pin GND (ground) pada board. Hubungan ini memungkinkan ESP32S untuk mengendalikan LED secara digital, yaitu menyalakan (ON) atau mematikan (OFF) LED melalui pemrograman.

### ESP32S dan buzzer

1. Pin positif buzzer dihubungkan ke pin GPIO 21 ESP32S

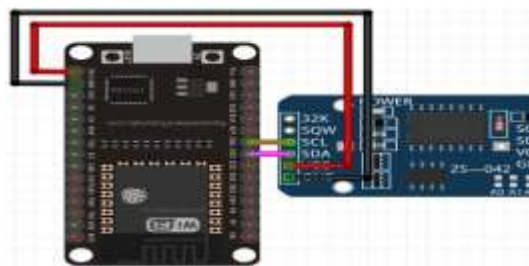
## 2. Pin negatif buzzer dihubungkan ke pin GND ESP32S



Gambar di atas menunjukkan sebuah rangkaian sederhana yang menghubungkan mikrokontroler ESP32S dengan sebuah buzzer. Dalam konfigurasi ini, pin positif (umumnya ditandai dengan kaki lebih panjang) dari buzzer dihubungkan ke salah satu pin digital pada ESP32S, sedangkan pin negatif buzzer dihubungkan ke pin GND (ground) dari board ESP32S.

### ESP32S dan RTC

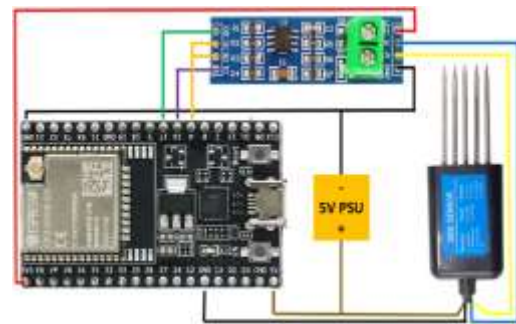
- Pin VCC RTC dihubungkan ke pin 5V ESP32S
- Pin GND RTC dihubungkan ke pin GND ESP32S
- Pin SDA RTC dihubungkan ke pin GPIO21 ESP32S
- Pin SCL RTC dihubungkan ke pin GPIO22 ESP32S



Gambar di atas menunjukkan rangkaian koneksi antara modul mikrokontroler ESP32 dengan modul RTC DS3231 (Real Time Clock). Modul RTC digunakan untuk melacak waktu secara akurat bahkan ketika mikrokontroler dimatikan, berkat adanya baterai cadangan di dalamnya.

### ESP32S dan NPK

- Pin VCC Modul RS485 terhubung ke pin 5V ESP32S
- Pin GND Modul RS485 terhubung ke pin GND ESP32S
- Pin RO Modul RS485 (Receiver Output) terhubung ke pin RX2 ESP32S (GPIO16)
- Pin DI Modul RS485 (Driver Input) terhubung ke pin TX2 ESP32S (GPIO17)
- Pin DE Modul RS485 terhubung ke pin GPIO4 ESP32S
- Pin RE Modul RS485 terhubung ke pin GPIO4 ESP32S (disatukan dengan DE, untuk kendali mode transmit/receive)



Rangkaian di atas merupakan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis ESP32S yang menggunakan komunikasi RS485 untuk menghubungkan sensor soil 4-in-1 dengan mikrokontroler. Sensor soil mendapatkan suplai daya 5V dari power supply eksternal untuk menjaga kestabilan operasionalnya. Data dari sensor dikirim melalui jalur diferensial A dan B ke modul RS485 to TTL, yang kemudian dikonversi menjadi sinyal serial dan diteruskan ke ESP32 melalui pin RX2 dan TX2. Pin DE dan RE pada modul RS485 dikendalikan secara bersamaan oleh GPIO4 ESP32 untuk mengatur mode pengiriman atau penerimaan data. Sistem ini memungkinkan pembacaan data

kelembaban tanah secara akurat dan stabil, serta cocok untuk aplikasi pertanian cerdas atau irigasi otomatis



Gambar di atas menunjukkan rangkaian sistem berbasis ESP32 untuk kendali pompa cairan vitamin tanaman kangkung menggunakan sensor dan relay. Sensor kelembaban tanah/NPK terhubung ke ESP32 sebagai input data. Hasil pengolahan data ditampilkan melalui LCD I2C 20x4. ESP32 mengendalikan modul relay 2 channel, yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk menghidupkan/mematikan pompa 12VDC. Catu daya diperoleh dari sumber listrik 220VAC yang diturunkan oleh power supply switching menjadi 12VDC, kemudian didistribusikan ke pompa, relay, LCD, dan ESP32. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu memonitor kondisi sensor dan mengaktifkan pompa secara otomatis sesuai kebutuhan.

### Perancangan Sistem Secara Umum

Perancangan implementasi sistem penerapan pemberian nutrisi cair nitrogen jenis tumbuhan kangkung melalui modul penjadwalan dikendalikan lot studi kasus desa punggulan ditunjukkan dalam bentuk data *flow* diagram 0, 1 dan 2 seperti gambar dibawah.

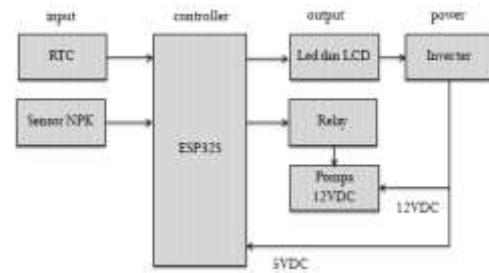


Diagram blok di atas menggambarkan sistem otomasi pertanian berbasis mikrokontroler ESP32S yang dirancang untuk mengontrol pompa air 12VDC secara otomatis berdasarkan waktu dan kadar unsur hara tanah. Sistem ini menerima input dari dua komponen utama, yaitu modul RTC (Real Time Clock) dan sensor NPK. RTC memberikan data waktu yang presisi agar ESP32S dapat menentukan waktu yang tepat untuk melakukan penyiraman atau pemupukan. Sementara itu, sensor NPK berfungsi untuk mendeteksi kadar Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) di dalam tanah, sebagai parameter untuk menilai tingkat kesuburan lahan. ESP32S sebagai pusat pengendali akan memproses data dari kedua sensor tersebut dan memberikan sinyal kontrol ke perangkat output. Salah satu outputnya adalah LED, yang digunakan sebagai indikator visual status sistem, misalnya menandakan bahwa pompa sedang aktif atau sistem dalam kondisi standby. Selain itu, ESP32S juga mengendalikan modul relay, yang berfungsi sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan pompa air 12VDC. Pompa ini mendapat catu daya langsung dari inverter 12VDC, sedangkan ESP32S bekerja dengan tegangan 5VDC. Dengan konfigurasi ini, sistem mampu melakukan penyiraman atau pemupukan secara otomatis dan efisien sesuai waktu dan kebutuhan tanah, sangat cocok untuk

diterapkan dalam konsep pertanian presisi dan smart farming.

## SIMPULAN

Sistem penyiraman pupuk cair otomatis berbasis mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul RTC telah berhasil dirancang dan diimplementasikan sebagai solusi untuk menggantikan metode pemupukan manual yang sebelumnya digunakan oleh petani. Penerapan sistem otomatis ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, baik dari segi distribusi pupuk, waktu pelaksanaan, maupun kebutuhan tenaga kerja, sekaligus mengurangi risiko ketidakmerataan pemberian nutrisi yang kerap terjadi pada metode konvensional. Selain itu, pemberian pupuk cair secara terjadwal dan terkontrol memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung, karena nutrisi dapat disalurkan secara lebih konsisten dan tepat. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan berpotensi meningkatkan produktivitas lahan serta mendukung penerapan teknologi pertanian modern berbasis Internet of Things (IoT) dalam kegiatan budidaya tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

Aditya, E. Y., Qibtiyah, M., & Kusumawati, D. E. (2025). *Pertumbuhan dan Hasil Berbagai Varietas Kangkung Cabut (Ipomoea reptans Poir) dengan Pemberian Pupuk Organik Padat Kotoran Hewan Growth and Results of Multiple Varieties Of Corn (Ipomoea reptans Poir) as a Result of Agricultural Organic Fertilisation of Animal Lots*. 9(1), 192–199.

Alfriany Salo, L., Ramba, D., & Allai, E. (2025). Penerapan Pupuk Organik Cair di Lembang Paongan: Langkah Menuju Pertanian Berkelanjutan. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 78–84.

<https://doi.org/10.31949/jb.v6i1.10897>

Buulolo, T., Halawa, M., Zega, M. W., Laia, J., & Buulolo, Y. (2025). *NITUWU BOHO*. 4(2), 64–76.

Dwi Rahmayanti, F., Tiana, G., & Nikmah. (2024). Peran Pupuk Organik Cair Sebagai Nutrisi Tanaman dalam Mendukung Urban Farming Berkelanjutan di Perkotaan: Studi Kasus Pada Budidaya Tanaman Kakao. *Jurnal Ekologi, Masyarakat Dan Sains*, 5(2), 204–210. <https://doi.org/10.55448/3ys8w628>

Hasanah, F., Khair, A., Hasanah, F., Khair, M. A., Madura, U. I., Galis, K., & Pamekasan, K. (2025). *Solusi Ramah Lingkungan Untuk Pertanian*. 279–286.

Laela Uziah, Lalu Delsi Samsumar, Zaenudin, & Ahmad Subki. (2024). Penerapan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Otomatis Pemupukan Tanaman Bawang Merah di Desa Perampuan. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, 3(4), 199–210. <https://doi.org/10.55537/cosie.v3i4.946>

Lingkungan, D. I., & Berbasis, S. (2025). *1 1, 1, 1*. 6(1), 16–22.

Nensia Natalia Waruwu, Dede Setia Putra Gea, Octavianis Laoli, Awal Sepkurniawan Waruwu, &

- 
- Natalia Kristiani Lase. (2024). Kajian Literatur: Pengaruh Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman di Lahan Kering. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 1(3), 28–39. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v1i3.146>
- Shaddiq, S., Akbar, M. R., & Yahya, M. Y. D. (2025). Jurnal Teknik Elektro & Teknologi Informasi. *Jurnal Teknik Elektro & Teknologi Informasi*, 1(1), 27–35.
- Taula'bi, N., I One, A., & Kabanga, T. (2024). Inovasi Pupuk Organik Cair: Solusi Efektif Untuk Pertanian Organik Di Lembang Marante Kecamatan Sopai Toraja Utara. *Journal Of Human And Education (JAHE)*, 4(6), 617–621. <https://doi.org/10.31004/jh.v4i6.1905>
- Zulkipli, Z., Sulaini, I., Rahmayati, D., & Efan, E. (2024). Prototipe Penyiram Pupuk Cair Pada Tanaman Cabai Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 8(2), 2208–2212. <https://doi.org/10.36040/jati.v8i2.9451>