

Implementasi Sistem Monitoring dan Kontrol Tanaman Berbasis IOT pada Greenhouse

Unggul Widiyas Setiawan^{1*}, Faraida Nafiri², Angga Septian MN³, Hedy Aditya Baskhara⁴, Gaguk Firasanto⁵

^{1,2,3,4,5} *Progam Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang
^{1,2,3,4,5} Jl. Witana Harja No.18b, Pamulang Baru., Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15417, Indonesia

¹unggulwidiyas444@gmail.com

²dosen00253@unpam.ac.id

³dosen01314@unpam.ac.id

⁴dosen00547@unpam.ac.id

⁵dosen01138@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 18-03-2026
revisi : 01-04-2026
diterima : 02-04-2026
dipublish : 30-06-2026

ABSTRAK

Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam pertanian modern berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan ketepatan pengendalian lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem monitoring dan kontrol otomatis greenhouse berbasis IoT yang terintegrasi dengan sensor dan aktuator cerdas. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu dan kelembapan udara (DHT11), suhu dan kelembapan tanah, pH tanah, intensitas cahaya (LDR), sensor hujan, dan konduktivitas tanah. Hasil validasi menunjukkan rata-rata error sebesar 2,97% (suhu udara), 3,2% (kelembapan udara), 2,5% (suhu tanah), 2,76% (kelembapan tanah), 4,4% (pH), dan 1,92% (konduktivitas tanah). Pengujian sistem dilakukan selama 14 hari dengan interval 1 jam. Hasil menunjukkan sistem mampu menjaga kelembapan tanah tetap stabil serta mengaktifkan pemupukan secara otomatis dan konsisten. Sistem juga merespons kondisi lingkungan, di mana intensitas cahaya di atas 9.999 lux dan sensor hujan di atas 2000 ADC memicu penyesuaian atap otomatis. Sistem yang dikembangkan terbukti andal dan adaptif.

Kata Kunci: Internet of Things; Greenhouse; Sistem Monitoring dan Kontrol; Pemupukan Otomatis; Kelembapan Tanah; Sensor Lingkungan.

1. PENDAHULUAN

Dalam sektor pertanian modern, pemanfaatan teknologi otomasi menjadi salah satu solusi inovatif untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi. Sistem monitoring dan pengendalian otomatis telah banyak dikembangkan untuk memantau berbagai parameter penting seperti suhu, kelembapan, pH tanah, kadar nutrisi tanah, hingga penyiraman dan pengaturan atap saat cuaca ekstrem. Teknologi ini bertujuan untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal dan mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual yang memakan waktu serta tenaga (Fadhilah & Hardjianto, 2022; Parulian Sinaga et al., 2025).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemantauan kondisi lingkungan secara real-time dapat meningkatkan hasil panen dan menghemat penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk. Sistem otomatisasi juga berkontribusi dalam menghadapi tantangan perubahan iklim yang semakin tidak menentu. Misalnya, atap yang dapat membuka dan menutup secara otomatis saat hujan deras atau sinar matahari berlebih dapat melindungi tanaman dari kerusakan. Selain itu, kontrol nutrisi dan pH tanah yang akurat dapat memastikan tanaman mendapatkan kebutuhan unsur hara yang optimal, sehingga kualitas hasil panen juga lebih baik. (Hasibuan et al., 2022 ; Naufal & Nurfiana, 2021).

Dengan latar belakang tersebut, pengembangan sistem monitoring dan kontrol otomatis berbasis sensor menjadi semakin relevan. Kombinasi teknologi Internet of Things (IoT), sensor lingkungan,

serta sistem aktuator yang cerdas dan adaptif dapat menjadi solusi yang efektif untuk pertanian modern yang lebih produktif dan berkelanjutan. Pemanfaatan data yang terkumpul juga memungkinkan adanya analisis lebih lanjut guna meningkatkan strategi pertanian di masa mendatang.

2. TEORI

A. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teori dan referensi yang relevan sebagai dasar perancangan sistem monitoring dan kontrol otomatis pada greenhouse berbasis Internet of Things (IoT). Kajian pustaka ini mencakup penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem monitoring lingkungan tanaman, pemupukan otomatis, pengendalian atap greenhouse, serta penerapan teknologi IoT dalam bidang pertanian.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang telah dibahas, dapat diketahui bahwa metode penelitian yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem monitoring dan kontrol otomatis greenhouse berbasis Internet of Things (IoT) adalah metode rancang bangun yang dipadukan dengan pengujian eksperimental. Metode ini umumnya diawali dengan perancangan sistem, dilanjutkan dengan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta dilakukan pengujian fungsional untuk mengevaluasi kinerja sensor dan aktuator dalam merespons kondisi lingkungan.

B. Mikrokontroler ESP 32

Mikrokontroler ESP32 adalah *System on Chip* (SoC) yang dikembangkan oleh Espressif Systems sebagai penerus



Gambar 1 Mikrokontroler ESP 32

ESP8266. ESP32 menggunakan prosesor 32-bit Tensilica Xtensa LX6 dan telah terintegrasi dengan Wi-Fi serta Bluetooth, sehingga cocok untuk aplikasi berbasis Internet of Things (IoT). Dengan konsumsi daya rendah dan kebutuhan komponen eksternal yang minimal, ESP32 banyak digunakan pada sistem tertanam dan perangkat monitoring berbasis jaringan (Gheorghe et al., 2021).

C. Soil Sensor 7-in-1 RS485 Modbus (NPK)



Soil Sensor 7-in-1 merupakan sensor multiparameter berbasis RS485 dengan protokol Modbus RTU yang mampu mengukur kelembapan, suhu, pH, konduktivitas listrik (EC), serta unsur hara N, P, dan K tanah. Sensor ini menggunakan kombinasi metode resistif, kapasitif, dan elektrokimia untuk menghasilkan data kondisi tanah secara digital. Antarmuka RS485 memungkinkan transmisi data jarak jauh yang stabil dan tahan gangguan, serta dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 melalui konverter TTL–

RS485. Sensor ini mendukung penerapan pertanian presisi karena memungkinkan pemantauan dan pengendalian pemupukan serta irigasi secara real-time pada sistem *greenhouse* berbasis IoT (Widodo et al., 2023; Zhang et al., 2022).

D. Sensor LDR (Light Dependent Resistor)



Gambar 3 Sensor LDR

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan komponen pasif yang mendeteksi intensitas cahaya berdasarkan perubahan resistansi, di mana nilai resistansi menurun saat cahaya meningkat. Pada sistem *greenhouse* otomatis, LDR digunakan sebagai pemicu mekanisme



Gambar 5 Stepper Motor Nema23

buka–tutup atap untuk mengontrol intensitas cahaya dan melindungi tanaman dari paparan sinar matahari berlebih.

E. Sensor Air (Hujan)



Gambar 4 Sensor Hujan

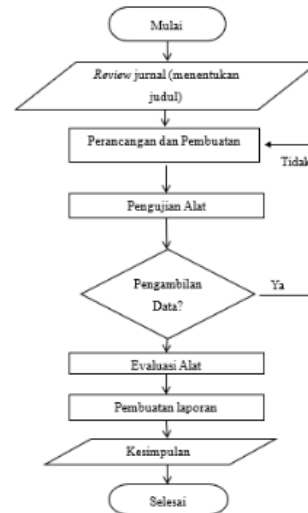
Sensor hujan (*rain sensor*) adalah sensor pendeteksi tetesan air yang digunakan untuk mengetahui adanya curah hujan. Pada sistem *greenhouse* otomatis, sensor ini berfungsi mengendalikan atap adaptif dengan menutup atap secara otomatis saat hujan terdeteksi, sehingga tanaman terlindungi dari paparan air berlebih.

F. Stepper Motor Nema 23

Stepper motor NEMA 23 merupakan aktuator elektromekanik yang mengubah pulsa listrik menjadi gerakan putar bertahap, umumnya dengan sudut $1,8^\circ$ per langkah (200 langkah per putaran). Motor ini dikendalikan melalui driver seperti TB6600 yang menerima sinyal digital dari mikrokontroler. Prinsip kerjanya berbasis elektromagnetisme, di mana pengaturan urutan dan frekuensi pulsa menentukan posisi, arah, dan kecepatan putaran secara presisi. Karena akurasi posisinya tinggi tanpa memerlukan sensor umpan balik, NEMA 23 banyak digunakan pada sistem otomasi, termasuk mekanisme atap adaptif *greenhouse* (Gunawan et al., 2023; Choudhary & Singh, 2022).

3. METODOLOGI

A. Rancang Bangun

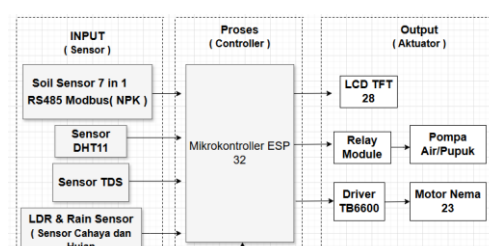


Gambar 6 Flowchart Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode rancang bangun yang dipadukan dengan pengujian eksperimental untuk merancang dan mengevaluasi sistem monitoring dan kontrol otomatis *greenhouse* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan berbagai sensor lingkungan, kemudian diimplementasikan dan diuji melalui pengujian kalibrasi sensor serta pengujian fungsional aktuator untuk menilai akurasi pembacaan dan respon sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

B. Blok Diagram

Sistem kerja pada perancangan alat ini dapat dilihat pada blok diagram dibawah ini :



Gambar 7 Diagram Blok

Pada di atas diagram ini menjelaskan interaksi antara ESP32, sensor-sensor (DHT11, Soil Moisture, pH, NPK, TDS, LDR, Rain Sensor), aktuator (Pompa, Stepper Motor Nema23), LCD sebagai penampil data lokal, RTC untuk penjadwalan, serta konektivitas ke Blynk melalui jaringan WiFi.

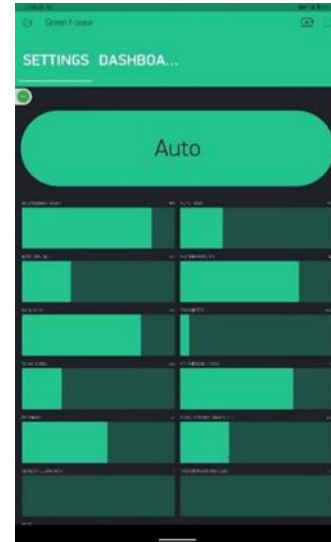
C. Parameter Sistem Kerja

Tabel 1. Parameter Sistem Kerja

Kondisi Sensor	Respon Sistem
Kelembapan tanah < 60 %	Pompa air aktif selama 15–20 detik
Kelembapan tanah > 85 %	Pompa air berhenti
Nilai Pupuk NPK N <100 >400	Pompa Pupuk aktif dan berhenti
P < 30 >250	Pompa Pupuk Aktif dan berhenti
K <100 >400	Pompa Pupuk aktif dan Berhenti
Cahaya > 9900 lux	Atap menutup otomatis
Cahaya < 9900 lux	Atap terbuka
Curah Hujan terdeteksi >2000	Atap menutup otomatis
Tidak hujan & cahaya rendah	Atap membuka kembali

Berdasarkan dan tabel 3.1 di atas Semua data dikirimkan secara real-time ke dashboard Blynk IoT, yang menampilkan suhu, kelembapan, pH, TDS, NPK, intensitas hujan dan cahaya serta status aktuator (pompa serta atap). Aplikasi juga menyediakan mode manual override untuk menyalakan atau mematikan pompa secara langsung melalui smartphone.

D. Tampilan IOT Blynk

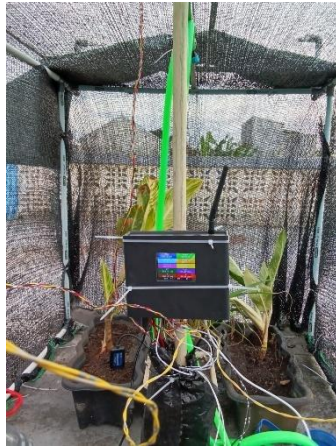


Gambar 8. Tampilan IOT Blynk

Gambar menampilkan desain antarmuka monitoring pada platform Blynk yang menampilkan data sensor secara *real-time*, meliputi kelembapan dan suhu tanah, pH, unsur hara NPK, suhu dan kelembapan udara, TDS, curah hujan, serta intensitas cahaya. Tampilan ini memungkinkan pengguna memantau kondisi *greenhouse* secara langsung melalui perangkat berbasis internet, sehingga sistem tidak hanya berfungsi sebagai pengendali otomatis, tetapi juga sebagai media analisis data lingkungan tanaman.

E. Tampilan Rangkaian Pada Greenhouse

Pada gambar di bawah ini merupakan rangkaian rancangan alat yang sudah terpasang pada greenhouse dan siap digunakan untuk melakukan pengujian serta penelitian.



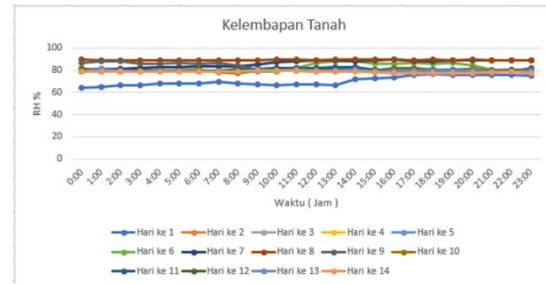
Gambar 9 Tampilan Rancangan

F. Komponen Alat

Tabel 2. Komponen Alat

No	Nama Komponen Alat	Unit
1	ESP 32 Dev Module	1
2	Sensor NPK (Soil 7-in-1)	1
3	Sensor TDS	1
4	Sensor DHT 11	1
5	Sensor Hujan (Rain Module)	2
6	Sensor LDR (Cahaya)	2
7	LCD TFT 2.8" ILI9341	1
8	Pompa Air DC 12V	2
9	RTC DS3231 + i2c	1
10	Limit Switch	2
11	Stepper Motor Nema 23	1
12	Driver TB6600	1
13	Relay 4 Chanel 5v	1

Berdasarkan tabel di atas merupakan komponen-komponen alat yang digunakan dalam penelitian rancang bangun ini.



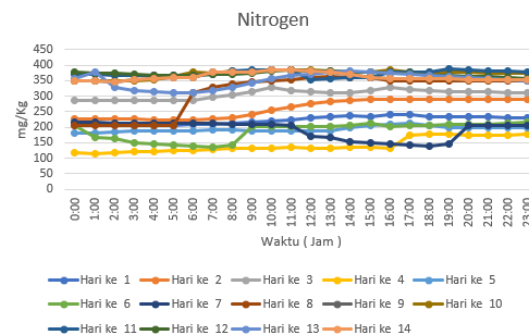
Gambar 10 Grafik Kelembapan Tanah

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kelembapan Tanah

Berdasarkan dari hasil grafik pada gambar 10 pada hari ke-2 hingga hari ke-14, tren data menunjukkan pola yang relatif stabil dan linier. Nilai kelembapan tanah bergerak pada rentang saturasi tinggi, yaitu antara **78% hingga 90%**. Garis grafik yang cenderung datar (*flat*) pada mayoritas hari menunjukkan bahwa fluktuasi nilai pembacaan sensor sangat minim, yang mengindikasikan bahwa sistem pembacaan data (mikrokontroler) bekerja dengan *noise* yang rendah

B. Kandungan Nitrogen

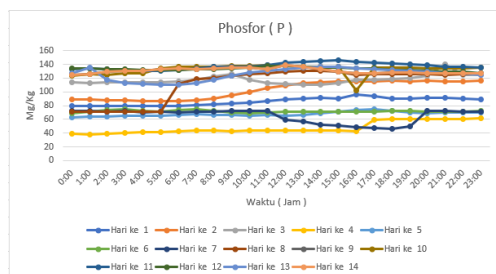


Gambar 11 Grafik Kandungan Nitrogen

Berdasarkan dan Gambar grafik 4.2 tersebut, dapat disimpulkan bahwa

perangkat yang dirancang telah bekerja sesuai spesifikasi. Sistem tidak hanya mampu membaca nilai Nitrogen saat stabil di angka tinggi (**388,85 mg/Kg**), tetapi juga mampu menangkap fenomena transien atau penurunan kadar Nitrogen secara akurat. Hal ini membuktikan bahwa integrasi antara sensor, ADC, dan algoritma konversi pada mikrokontroler telah valid dan layak digunakan untuk monitoring jangka panjang.

C. Kandungan Posphor



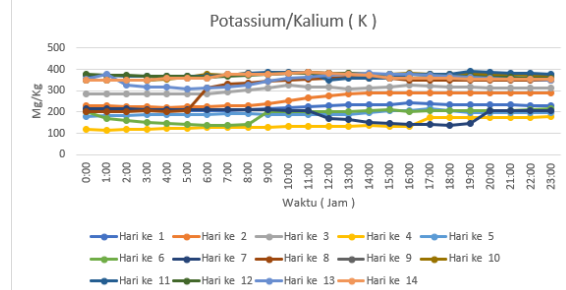
Gambar 12 Grafik Kandungan Posphor

Berdasarkan Gambar 12 mencatat fluktuasi konsentrasi Phosfor dalam rentang 38,6 mg/Kg hingga 145,5 mg/Kg selama 14 hari pengujian. Pada fase awal (Hari ke-1 hingga Hari ke-5), nilai Phosfor berada di level rendah hingga menengah, yaitu antara 40 mg/Kg sampai 90 mg/Kg. Terjadi penurunan nilai yang signifikan pada Hari ke-7, di mana data menyentuh titik terendah pada angka 45,35 mg/Kg pukul 18:00. Memasuki Hari ke-9 hingga Hari ke-14, grafik menunjukkan kondisi stabil pada konsentrasi tinggi, di mana nilai harian konsisten berada pada kisaran 120 mg/Kg hingga 140 mg/Kg tanpa adanya lonjakan data yang ekstrim.

D. Kandungan Kalium

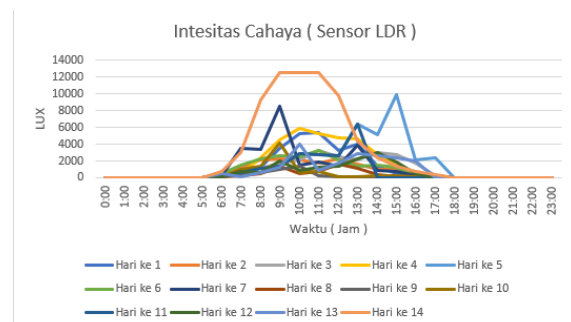
Berdasarkan Gambar 13 di bawah ini Kalium (K) mencatat fluktuasi konsentrasi yang bergerak dalam rentang nilai 115,5

mg/Kg hingga 388,85 mg/Kg. Pada periode



Gambar 13 Grafik Kandungan Kalium Hari ke-1 hingga Hari ke-6, nilai Kalium berada pada level rendah hingga menengah, yakni berkisar antara 115,5 mg/Kg sampai 230 mg/Kg. Terjadi pola penurunan yang tajam pada Hari ke-7, di mana nilai menyentuh titik terendah pada angka 139 mg/Kg pada pukul 18:00. Memasuki periode Hari ke-9 hingga Hari ke-14, tren data menunjukkan peningkatan dan stabilitas pada konsentrasi tinggi, di mana nilai harian konsisten berada pada rentang 347,6 mg/Kg hingga 388,85 mg/Kg.

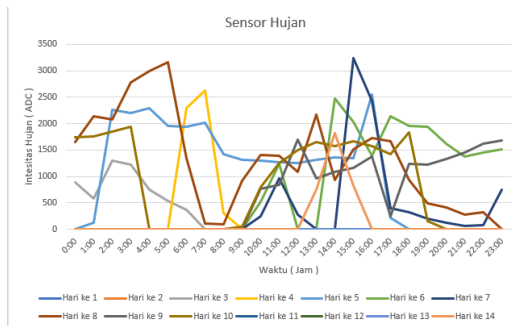
E. Intesitas Cahaya



Gambar 14. Grafik Intesitas Cahaya

Berdasarkan Gambar 14 intensitas cahaya mengalami peningkatan pada pagi hingga siang hari dan menurun kembali pada sore hari. Puncak intensitas cahaya umumnya terjadi pada rentang waktu sekitar pukul 09.00 hingga 14.00, meskipun terdapat variasi nilai antar hari pengamatan.

F. Curah Hujan



Gambar 15 Grafik Curah Hujan

Berdasarkan Gambar grafik 15 di bawah ini, nilai pembacaan sensor hujan menunjukkan perubahan pada waktu-waktu tertentu. Peningkatan nilai sensor menunjukkan adanya air yang terdeteksi pada permukaan sensor, sedangkan penurunan nilai menunjukkan kondisi tidak terjadi hujan.

G. Perubahan Pada Tanaman.

- Tanaman Sebelum dilakukan pengujian

Pada gambar di atas kondisi tanaman terlihat menguning pada daun namun belum mengering total dan masih hidup.



Gambar 16 Tanaman Sebelum Dilakukan Pengujian

- Tanaman Sesudah dilakukan pengujian

Pada gambar diatas tanaman mengalami perubahan pada daun yang sebelumnya terlihat menguning sekarang berubah lebih segar dan hijau.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, sistem monitoring dan pengendalian otomatis *greenhouse* berbasis IoT berhasil diimplementasikan secara terintegrasi dan bekerja sesuai parameter



yang ditetapkan. Sistem mampu membaca data sensor secara *real-time* dengan respon

Gambar 17 Tanaman Setelah dilakukan Pengujian

yang konsisten terhadap perubahan lingkungannya mengendalikan pemupukan dan mekanisme buka-tutup atap secara otomatis dan aman.

Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan rancang bangun berbasis IoT efektif untuk meningkatkan efisiensi, ketepatan kontrol, dan keandalan pengelolaan *greenhouse* dibandingkan metode manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Ilmu Tanah dan Lingkungan, 19(2), pp.45–52.
- Ditie Supiannor, A., Lestari, I. & Syamsul, B. (2021). Desain Sistem Atap Otomatis Berbasis Sensor Hujan dan Cahaya Matahari. *Jurnal Teknik Elektro*, 9(1), pp.25–32.
- Fadhilah, N. & Hardjianto, A. (2022). Rancang Bangun Smart Greenhouse Berbasis IoT pada Tanaman Hidroponik. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 8(2), pp.88–95.
- Gheorghe, C., Mihai, R., Elena, A. & Popa, G. (2021). ESP32 *Microcontroller Features and Applications. Journal of Embedded Systems*.
- Hasibuan, R., Syahputra, R. & Siregar, F. (2022). Monitoring Kesuburan Tanah Berbasis Sensor dan Mikrokontroler ATmega8535. *Jurnal Teknologi Pertanian Cerdas*, 3(2), pp.33–40.
- Herlina, D., Artiyasa, W. & Kusumah, S. (2022). Pengembangan Sistem *Monitoring* Berbasis Blynk 2.0 pada Greenhouse Hidroponik. *Jurnal IoT dan Otomasi*, 3(1), pp.18–27.
- Mufida, N. & Abas, M. (2021). Sistem Atap Adaptif Berbasis Sensor. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, pp.78–83.
- Naufal, M. & Nurfiana, F. (2021). Pemanfaatan Teknologi Otomatis dalam Pertanian. *Jurnal Pertanian Cerdas*, 3(1), pp.22–30.
- Parulian Sinaga, R., Siregar, H. & Sitorus, J. (2025). Smart Garden Berbasis IoT untuk Kontrol Nutrisi Tanaman Otomatis. *Jurnal Teknologi Pertanian Berkelanjutan*, 5(1), pp.55–63.
- Pratama, R., Yuliani, D. & Fauzan, M. (2021). Penggunaan Sensor NPK pada Lahan Pertanian Hortikultura. *Jurnal*
- Sariman, H. (2021). Teknologi Pompa DC dalam Sistem Irigasi. *Jurnal Mekatronika*, 6(2), pp.98–104.
- Setiyawan, D., Nugroho, A. & Sari, N. (2022). Penerapan Sistem Pneumatik untuk Atap Otomatis pada Greenhouse. *Jurnal Rekayasa Sistem*, 8(1), pp.41–49.
- Tijaniyah, L., Rochmat, M. & Fajar, N. (2022). Sistem Penyiraman dan Pemupukan Otomatis Berbasis Sensor untuk Tanaman Hidroponik. *Jurnal Pertanian Modern*, 4(1), pp.11–20.
- Ahmed, S., & Das, R. (2022). *Protection of Switching Devices Using RC Snubber Networks in Motor Drives. IEEE Transactions on Power Electronics*.
- Ali, M., & Kumar, R. (2022). *Microstepping Driver Optimization for Industrial Stepper Motors. Journal of Mechatronics Systems*.
- Choudhary, V., & Singh, A. (2022). *Design of Precision Stepper Motor Control for Automation Systems. MDPI Sensors*.
- Fauzan, M., Prasetyo, A., & Amin, R. (2023). *Mechanical Position Feedback Using Limit Switches in Automation Systems*.
- Gunawan, B., et al. (2023). *Analysis of Stepper Motor Performance in Smart Agriculture Applications. International Journal of Engineering*.
- Handoko, T., & Kumar, S. (2022). *Time Synchronization in IoT Devices Using RTC DS3231. IEEE Internet of Things Journal*.
- Hariyadi, A., & Lee, C. (2023). *Implementation of RS485*

*Communication with MAX485 Converter
for Long Distance Data Transmission.
Journal of Communication Engineering.*

Kim, J., & Park, H. (2023). *Stability Analysis of Switching Power Adapters in Embedded Systems. IEEE Transactions on Power Systems.*

Putra, D., et al. (2023). *Integration of ESP32 with IoT-based Environmental Monitoring Systems. International Journal of Smart Technology.*

Sari, W., & Rahman, T. (2023). *Calibration and Application of TDS Sensors in Smart Hydroponic Systems. Journal of Agricultural IoT.*

Widodo, F., Zhang, X., & Lee, Y. (2022). *Development of RS485 Modbus-Based Soil Sensors for Smart Farming. MDPI Electronics.*