

# Sistem Pengukuran dan Pemantauan Parameter Lingkungan Tanah Pertanian berbasis *Internet of Things*

## *Measurement and Monitoring System for Agricultural Soil Environmental Parameters Based on the Internet of Things*

Ashadi Amir  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Parepare  
Parepare, Indonesia  
ashadiamir09@gmail.com

Untung Suwardoyo  
Program Studi Teknik Informatika  
Universitas Muhammadiyah Parepare  
Parepare, Indonesia  
untung.suwardoyo@gmail.com

Irminthya Nanda Pratami Irwan  
Program Studi Agribisnis  
Universitas Muhammadiyah Parepare  
Parepare, Indonesia  
nandafapetrik2021@gmail.com

Diterima : September 2024  
Disetujui : Desember 2024  
Dipublikasi : Januari 2025

**Abstrak**—Pengukuran dan pemantauan parameter lingkungan tanah pertanian dibutuhkan untuk mengetahui kondisi tanah pertanian. Pengukuran tanah pertanian sebagian besar masih dilakukan secara manual sehingga tingkat akurasi pengukuran masih rendah, membutuhkan waktu dan tenaga yang besar dan tidak mendapatkan hasil pengukuran secara berkala. Variasi karakteristik tanah dan keterbatasan alat juga menghambat efektivitas pengukuran, sehingga penggunaan teknologi modern menjadi semakin penting. Pada penelitian ini dirancang sebuah sistem yang dapat melakukan pengukuran parameter lingkungan tanah pertanian secara real-time. Sistem yang dirancang terdiri dari sensor kelembaban tanah dan sensor pH tanah yang terintegrasi dengan perangkat mikrokontroler ESP32. Sistem terdiri dari dua bagian utama yaitu sensor node yang berfungsi untuk melakukan akuisisi data sensor dan aplikasi web yang berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran. Pengujian awal dilakukan dengan melakukan kalibrasi dan validasi data untuk setiap sensor yang digunakan. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menguji pengiriman data hasil pengukuran parameter lingkungan tanah pertanian ke database untuk ditampilkan pada aplikasi berbasis Internet of Things. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah pertanian terbasah ketika hasil pembacaan sensor kelembaban tanah menunjukkan nilai 78 – 100%. Untuk pengujian sensor pH menghasilkan nilai error dengan rata-rata sebesar 5.67%.

**Kata Kunci**—lingkungan; kelembaban tanah; pH tanah; web; internet of things

**Abstract**—Measurement and monitoring of environmental parameters in agricultural soil are needed to understand the condition of agricultural land. The measurement of agricultural land is mostly still done manually, resulting in low accuracy levels, requiring significant time and effort, and not providing periodic measurement results. The variation in soil characteristics and the limitations of tools also hinder the effectiveness of measurements, making the use of modern technology increasingly important. In this research, a system has been designed to measure environmental parameters of agricultural soil in real-time. The

designed system consists of soil moisture sensors and soil pH sensors integrated with the ESP32 microcontroller. The system comprises of two main parts: a sensor node that has functions to acquire sensor data and a web application that displays the measurement results. Initial testing was conducted by calibrating and validating data for each sensor used. Subsequent testing involved sending the measurement data of environmental parameters of agricultural soil to a database for display on an Internet of Things-based application. The test results showed that the agricultural soil was read as wet when the soil moisture sensor readings indicated values of 78–100%. For the pH sensor testing, the average error was found to be 5.67%.

**Keywords**— environment; soil moisture; soil pH; web; internet of things

### I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris memiliki komitmen kuat dalam upaya pengembangan sektor pertanian. Perubahan iklim, pertumbuhan populasi, dan kebutuhan pangan yang semakin meningkat mendorong pemerintah dan petani untuk melakukan inovasi melalui implementasi teknologi dalam bidang pertanian. Integrasi teknologi dapat berkontribusi dalam peningkatan efisiensi dan produktivitas [1], [2].

Pertanian presisi merupakan salah satu inovasi teknologi yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada sektor pertanian [3]. Pengembangan sistem monitoring kelembaban dan pH tanah merupakan salah satu faktor pendukung dalam membangun sistem pertanian presisi. Dengan memanfaatkan perangkat sensor yang terintegrasi memungkinkan petani untuk mendapatkan informasi mengenai kondisi tanah secara real-time [4].

Kelembaban dan pH tanah memiliki peranan yang sangat penting dalam peningkatan produktivitas tanaman. Kelembaban yang optimal memastikan tanaman mendapatkan cukup air untuk fotosintesis, penyerapan

nutrisi, dan proses metabolisme lainnya [5]. Sedangkan pH tanah dapat mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Pemahaman terkait pH tanah dapat membantu petani dalam pengelolaan dan pemupukan. Pemantauan kelembaban dan pH tanah yang dilakukan secara efektif dapat memberikan peningkatan terhadap hasil panen, mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mendukung keberlanjutan lingkungan, sehingga dapat memperkuat pengembangan pertanian modern dalam pemenuhan kebutuhan pangan global [6].

Sistem pengukuran parameter tanah yang dilakukan oleh sebagian besar petani masih secara manual yang biasanya dipengaruhi oleh subjektivitas dan keterbatasan pengetahuan pengguna sehingga dapat mengakibatkan data hasil pengamatan tidak akurat [7]. Proses pengambilan sampel dan pengukuran kelembaban dan pH tanah memerlukan waktu dan tenaga yang besar sehingga perlakuan yang akan diberikan kepada tanah pertanian sebagai respon dari hasil pengukuran dapat mengalami keterlambatan [8].

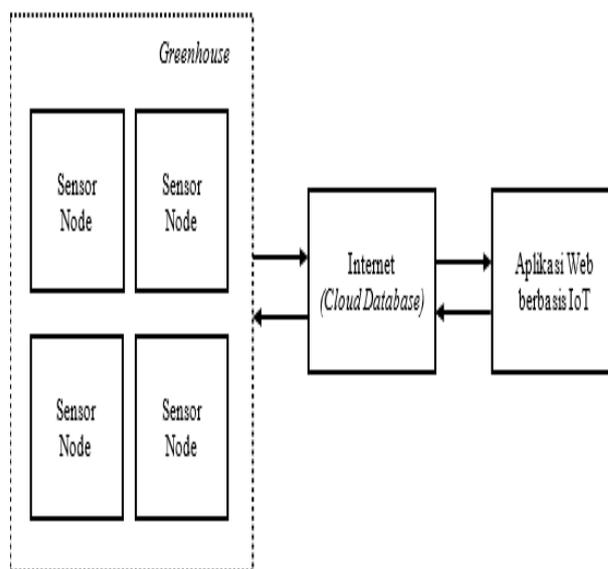
Pengembangan sistem yang dapat melakukan pemantauan parameter tanah secara otomatis dan real-time merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan di atas. Sistem yang akan dirancang akan mengintegrasikan data dari beberapa sensor yang dapat melakukan pengukuran parameter tanah. Sensor-sensor yang terpasang pada tanah pertanian akan dikendalikan melalui perangkat Mikrokontroler. Data hasil pengukuran akan dikirimkan melalui sensor node ke cloud database untuk dilakukan proses pengolahan. Hasil pengolahan data ditampilkan secara real-time pada aplikasi web berbasis Internet of Things. Konsep Internet of Things bertujuan untuk memaksimalkan konektivitas jaringan internet dalam melakukan monitoring kondisi fisik lingkungan pertanian yang berasal dari perangkat sensor [9], [10], [11]. Proses pemantauan dilakukan secara real-time sehingga akan membantu petani dalam pengambilan keputusan dan memungkinkan pengelolaan penyiraman dan pemupukan yang lebih efisien dan berkelanjutan [12].

## II. METODE

Pada penelitian ini dilakukan perancangan sistem pengukuran dan monitoring parameter lingkungan tanah pertanian berbasis Internet of Things dengan memanfaatkan sensor-sensor yang terintegrasi dengan perangkat Mikrokontroler. Parameter tanah pertanian yang menjadi objek kajian pada penelitian ini adalah kelembaban tanah dan pH tanah. Penelitian ini terdiri atas 3 tahapan yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*) dan pengujian sistem. Pada perancangan perangkat keras, perangkat dan komponen yang digunakan terdiri dari ESP32, sensor pH tanah, sensor kelembaban tanah dan *Liquid Crystal Display* (LCD). Perancangan perangkat lunak terdiri dari dua bagian. Bagian pertama terdiri dari perancangan perangkat lunak untuk perangkat ESP32 yang dilakukan dengan menggunakan Arduino IDE untuk memberikan perintah kepada perangkat keras yang telah dirancang. ESP32 digunakan sebagai perangkat mikrokontroler pada sistem ini karena menawarkan sistem konektivitas dan manajemen monitoring data jarak jauh yang komprehensif melalui dukungan WiFi dengan kecepatan transmisi hingga 54 Mbps dengan

konsumsi daya rendah [13]. Bagian kedua merupakan perancangan website untuk pengembangan aplikasi pemantauan berbasis *Internet of Things*. Blok diagram sistem ditunjukkan pada Gambar 1.

Pengujian sistem yang dilakukan pada penelitian ini dibagi ke dalam beberapa bagian. Pengujian awal dilakukan dengan melakukan validasi dan kalibrasi data sensor yang akan digunakan dalam pengembangan prototipe untuk sistem pengukuran dan pemantauan. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan perlakuan kepada tanah pertanian kemudian membandingkan hasil pengukuran dengan alat ukur sebagai acuan dalam proses validasi data. Pengujian tahapan selanjutnya dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas seluruh bagian prototipe yang telah terintegrasi. Data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan melalui LCD pada masing-masing *Sensor Node*. Pengujian tahapan akhir dilakukan untuk menguji pengiriman data dari sensor ke aplikasi web berbasis *Internet of Things*. Data-data hasil akuisisi sensor pada setiap *Sensor Node* akan dikirimkan ke database untuk ditampilkan dalam bentuk numerik pada website.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

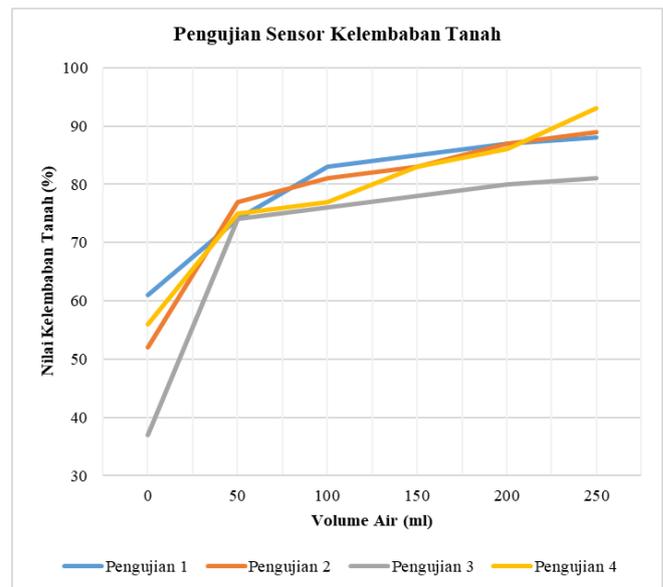
### A. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian tingkat kelembaban tanah dilakukan dengan memberikan perlakuan kepada tanah pertanian berupa penyiraman dengan berbagai volume air yang berbeda. Volume air yang digunakan dalam pengujian terdiri dari 50 ml, 100 ml, 150 ml, 200 ml dan 250 ml. Tingkat kelembaban tanah pertanian diukur dengan menggunakan Modul Sensor Soil Moisture Resistive Anti-Corrosive. Sensor ini digunakan karena memiliki lapisan anti-korosi khusus yang memberikan ketahanan superior terhadap degradasi kimia tanah sehingga menjamin umur pakai yang lebih panjang. Sensor ini dirancang untuk mendeteksi kelembaban secara tepat di dalam tanah, memungkinkan pemantauan kadar air secara akurat [14]. Modul ini mengkuantifikasi kandungan air volumetrik yang ada di dalam tanah dan memberikan keluaran terukur yang menunjukkan tingkat kelembaban.

Untuk memenuhi beragam kebutuhan interpretasi data, modul ini menggabungkan opsi output digital dan analog, memastikan kompatibilitas dengan berbagai aplikasi [15]. Proses kalibrasi dan validasi terhadap hasil pembacaan sensor dilakukan dengan menggunakan alat ukur Soil Survey Instrument. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 2.

TABEL 1. HASIL PENGUJIAN SENSOR KELEMBABAN TANAH

Pengujian Ke-	Volume Air (ml)	Nilai Sensor Soil Moisture (%)	Pembacaan Alat Ukur Soil Moisture
1	0	61	Dry
	50	74	Dry
	100	83	Wet
	150	85	Wet
	200	87	Wet
	250	88	Wet
2	0	52	Dry
	50	77	Dry
	100	81	Wet
	150	83	Wet
	200	87	Wet
	250	89	Wet
3	0	37	Dry
	50	74	Dry
	100	76	Dry
	150	78	Wet
	200	80	Wet
	250	81	Wet
4	0	56	Dry
	50	75	Dry
	100	77	Dry
	150	83	Wet
	200	86	Wet
	250	93	Wet



Gambar 2. Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi volume penyiraman yang diberikan pada tanah pertanian maka nilai ADC yang dihasilkan semakin kecil dan nilai pembacaan modul sensor soil moisture semakin besar. Hasil pembacaan alat ukur menunjukkan bahwa kondisi tanah terbaca kering (Dry) ketika sensor melakukan pembacaan pada nilai kurang dari 78%. Sedangkan tanah pertanian terbaca basah (Wet) ketika hasil pembacaan sensor menunjukkan nilai 78 – 100%.

#### B. Pengujian Sensor pH Tanah

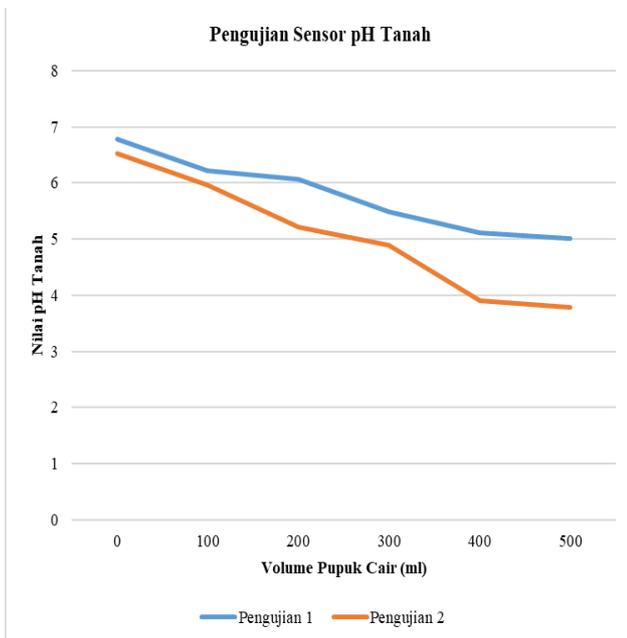
Pengujian tingkat keasaman dan kebasahan tanah dilakukan dengan memberikan perlakuan kepada tanah pertanian berupa pemberian pupuk dengan berbagai volume pupuk cair yang berbeda. Volume pupuk cair yang diberikan dalam pengujian terdiri dari 0 – 500 ml dengan interval 100 ml. Tingkat keasaman dan kebasahan tanah pertanian diukur dengan menggunakan Sensor pH Tanah. Sensor pH tanah merupakan sensor pendeteksi tingkat keasaman (acid) atau kebasahan (alkali) tanah [16]. Skala pH yang dapat diukur oleh sensor pH tanah ini memiliki range 3,5 hingga 15 [17]. Sensor ini bekerja pada tegangan DC 5 Volt dan memiliki jangkauan pengukuran sebesar 6 cm dari ujung sensor ke dalam tanah [18]. Proses kalibrasi dan validasi terhadap hasil pembacaan sensor dilakukan dengan menggunakan alat ukur Soil Survey Instrument. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 3.

TABEL 2. HASIL PENGUJIAN SENSOR pH TANAH

Pengujian Ke-	Volume Pupuk Cair (ml)	Nilai Sensor pH Tanah	Pembacaan Alat Ukur pH Tanah
1	0	6.78	7
	100	6.21	7
	200	6.06	6.6
	300	5.48	5.7
	400	5.11	5.1

Pengujian Ke-	Volume Pupuk Cair (ml)	Nilai Sensor pH Tanah	Pembacaan Alat Ukur pH Tanah
	500	5.01	5
2	0	6.53	7
	100	5.97	5.9
	200	5.22	5.5
	300	4.89	5.2
	400	3.90	4.3
	500	3.78	4.1

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar volume pupuk cair yang diberikan kepada tanah pertanian maka nilai pH tanah yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor pH tanah semakin kecil. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur dan menghasilkan nilai error dengan rata-rata sebesar 5.67 %.



Gambar 3. Hasil Pengujian Sensor pH Tanah

### C. Pengujian Prototipe

Sensor-sensor yang telah dilakukan kalibrasi dan validasi diintegrasikan dengan perangkat Mikrokontroler. Perangkat mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. Terdapat beberapa jenis parameter lingkungan tanah pertanian yang menjadi objek pemantauan pada penelitian ini yaitu pH tanah dan kelembaban tanah. Prototipe sistem ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Prototipe Sistem Pengukuran dan Pemantauan (*Sensor Node*)

Pengujian prototipe sistem pengukuran tanah pertanian dilakukan dengan memberikan perlakuan pada tanah pertanian yang ada pada *polybag*. Tampilan pengujian tahapan ini ditunjukkan pada Gambar 5. Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui tingkat kelembaban tanah yang ada pada *polybag* dengan memberikan penyiraman dengan berbagai variasi volume air. Pengujian selanjutnya dilakukan untuk mengetahui tingkat pH tanah yang ada pada *polybag* dengan memberikan pemupukan dengan berbagai variasi volume pupuk cair. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data yang terbaca oleh sensor dan ditampilkan pada layar LCD.



Gambar 5. Pengujian Prototipe pada Tanah Pertanian di Polybag

### D. Pengujian Sistem Monitoring berbasis Internet of Things

Pengembangan sistem monitoring parameter lingkungan menggunakan empat titik yang telah dipetakan pada Greenhouse untuk merepresentasikan kondisi lingkungan pada area tersebut. Setiap titik akan terpasang sebuah prototipe sistem pengukuran parameter tanah pertanian (*Sensor Node*). Data parameter lingkungan pertanian yang didapatkan dari hasil pembacaan sensor pada

*Sensor Node* akan dikirimkan secara berkala ke database yang divisualisasikan pada aplikasi berbasis *Internet of Things*. Terdapat dua parameter tanah yang akan diukur dan ditampilkan pada setiap titik yaitu pH tanah dan kelembaban tanah. Tampilan aplikasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Sistem Monitoring berbasis Internet of Things

Pengujian sistem monitoring parameter lingkungan pada Greenhouse dilakukan dengan memberikan perlakuan penyiraman dan pemupukan pada tanah pertanian yang telah tersimpan pada *polybag*. Prototipe sistem pengukuran diletakkan pada empat *polybag* untuk melakukan pembacaan parameter kelembaban tanah dan pH tanah. Penempatan *Sensor Node* merujuk pada pemetaan yang telah dilakukan pada *Greenhouse* yang akan mewakili parameter tanah pertanian pada *polybag* yang ada di area yang sama dengan *polybag* yang terukur. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data yang ditampilkan pada LCD dengan data yang ditampilkan pada aplikasi monitoring.

Pengembangan sistem monitoring dapat membantu petani dalam melakukan pengolahan lahan secara efektif dan efisien. Pemantauan nilai kelembaban tanah dapat membantu petani dalam melakukan optimalisasi jadwal dan volume penyiraman sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pemantauan data pH tanah dapat membantu petani dalam menentukan jenis dan volume pemupukan secara tepat serta waktu pemupukan yang optimal dalam menjaga keseimbangan nutrisi pada tanah.

Data yang ditampilkan pada aplikasi web adalah data hasil pembacaan sensor kelembaban tanah dan pH tanah pada empat buah *sensor node*. Sistem monitoring akan menampilkan data yang dikirimkan dari *sensor node* secara *real-time* yang dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan penyiraman dan pemupukan pada tanah pertanian.

#### IV. KESIMPULAN

Sistem pengukuran dan pemantauan parameter lingkungan tanah pertanian yang telah dirancang terdiri dari sensor kelembaban tanah dan sensor pH tanah yang terhubung dengan perangkat ESP32. Sensor yang digunakan telah melalui proses kalibrasi dan validasi untuk menguji kinerja setiap sensor yang digunakan. Hasil pengujian sensor kelembaban tanah menunjukkan bahwa semakin besar

volume air yang digunakan dalam proses penyiraman dapat menghasilkan nilai ADC yang lebih rendah dan nilai hasil pengukuran sensor kelembaban tanah yang semakin besar. Pengujian yang dilakukan pada sensor pH tanah menunjukkan bahwa volume penyiraman berbanding terbalik dengan nilai pH tanah hasil pembacaan sensor. Data hasil pembacaan sensor pada setiap sensor node dikirimkan ke database untuk ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi web untuk melakukan pemantauan parameter lingkungan pada tanah pertanian.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan salah satu judul yang didanai oleh DRTPM Tahun 2024 pada skema Penelitian Dosen Pemula (PDP). Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRTPM Kemdikbudristek yang telah mendanai penelitian ini dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Parepare yang telah memfasilitasi dalam penyusunan proposal dan pelaksanaan kegiatan.

#### REFERENSI

- [1] L. Malihah, "Tantangan dalam Upaya Mengatasi Dampak Perubahan Iklim dan Mendukung Pembangunan Ekonomi Berkelanjutan: Sebuah Tinjauan," *Jurnal Kebijakan Pembangunan*, vol. 17, no. 2, hlm. 219-232, 2022.
- [2] D. G. Devi, W. Musa & S. Abdussamad, "Rancang Bangun Sistem Pengontrol dan Monitoring pH Air Hidroponik Menggunakan Aplikasi Blynk," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 1, hlm. 57-62, 2024
- [3] G. T. Wardani, "Potensi Gen Z dalam Pengembangan Teknologi Berbasis Sistem Pertanian Presisi guna Meningkatkan Produktivitas Pertanian di Indonesia," *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, vol. 1, no. 2, hlm. 22-31, 2024.
- [4] R. R. Rachmawati, "Smart Farming 4.0 Untuk Mewujudkan Pertanian Indonesia Maju, Mandiri, Dan Modern," *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, vol. 38, no. 2, hlm. 137-154, 2020.
- [5] T. Anggara, D. Shinta, A. Suryanto & A. Ainurrasjid, "Kendala Produksi Apel (Malus Sylvestris Mill) Var. Manalagi di Desa Poncokusumo Kabupaten Malang," *Skripsi*, Universitas Brawijaya, 2017.
- [6] S. Samudi, "Pengembangan Smart Urban Farming Matching Dengan Pendidikan Sekolah Menengah Serta Memperkuat Ekonomi Daerah Menuju Swasembada Pangan Keluarga," *Ta'lim: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, vol. 2, no. 2, hlm. 111-122, 2023.
- [7] G. Santoso, S. Hani & G. Gafirudi, "Sistem Monitoring Kualitas Tanaman Padi Berdasarkan Warna Daun dan pH Tanah Menggunakan Internet of Things Berbasis GPS," *Prosiding Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 1, hlm. 31-35, 2022.
- [8] S. Buwarda & I. Makmur, "Pengembangan Sistem Penyiraman Tanaman Hortikultura Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan Aplikasi Telegram," *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI)*, vol. 10, no. 1, hlm. 282-288, 2023.
- [9] M. R. Satriawan, G. Priyandoko & S. Setiawidayat, "Monitoring pH Dan Suhu Air Pada Budidaya Ikan Mas Koki Berbasis IoT," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 1, hlm. 12-17, 2022.
- [10] D. Suarna & Z. Zainuddin, "Rancang Bangun Pengontrolan Alat Elektronik Berbasis Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 5, no. 2, hlm. 136-142, 2023.
- [11] M. A. Rizkiawan, H. Ramza, N. Nuroji & A. Sofwan, "Data Center Room Monitoring Based on Temperature and Humidity with Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 6, no. 2, hlm. 115-123, 2024

- [12] G. Priyandoko. "Rancang Bangun Sistem Portable Monitoring Infus Berbasis Internet of Things," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, hlm. 56-61, 2021.
- [13] R. Anjasmoro, M. H. H. Ichsan & D. Syauqy. "Perancangan dan Implementasi Sistem Pemantauan Kotak Benih terhadap Ruangan menggunakan Protokol ESP-NOW," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 1, hlm. 63-74, 2024.
- [14] I.K.W. Gunawan, A. Nurkholis, A. Sucipto A & A. Afifudin, "Sistem Monitoring Kelembaban Gabah Padi Berbasis Arduino," *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, vol. 1, no. 1, hlm 1-7, 2020.
- [15] H. Afif H & F.T.S.L.D. Kebumian, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pergerakan Tanah Menggunakan Multi Segment Inclinometer Berbasis Accelerometer dan Moisture Sensor (Studi Kasus Model Lereng)," Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [16] R. Z. Wardah. "Deteksi Kadar Keasaman Media Tanah Untuk Penanaman Kembali Secara Monitoring," *Journal of Telecommunication Network (Jurnal Jaringan Telekomunikasi)*, vol. 9, no. 4, hlm. 49-54, 2019.
- [17] R. B. Sumanto, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Kapur Pertanian Berbasis Arduino dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan," Skripsi, Universitas Muhammadiyah Gresik, 2020.
- [18] R. Daniel, A.D.A.N. Utomo & Y. A. Setyoko. "Rancangan Bangun Alat Monitoring Kelembaban, pH Tanah dan Pompa Otomatis pada Tanaman Tomat dan Cabai," *LEDGER: Journal Informatic and Information Technology*, vol. 1, no. 4. hlm. 161-170, 2022.