

# Rancang Bangun Sistem Pertanian Pintar Berbasis Long Range dan Internet of Things

*Smart Farming System Design Based on Long Range and Internet of Things*

Rifki Fauzan Anshori<sup>\*1</sup>, Muhammad Saleh<sup>2</sup>, Abqori Aula<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

E-mail: d1021201018@student.untan.ac.id, muhammad.saleh@ee.untan.ac.id,  
abqoriaula@ee.untan.ac.id

Received: 23-03-2025 | Revised: 25-04-2025 | Accepted: 29-04-2025

## Abstrak

Tanaman sawi membutuhkan sistem irigasi yang efisien untuk mendukung pertumbuhan optimal dan meningkatkan produktivitas. Salah satu sistem irigasi yang dapat digunakan adalah sistem irigasi tetes. Penelitian ini merancang sistem pertanian pintar berbasis *Internet of Things* (IoT) dan teknologi *Long Range* (LoRa) untuk mengelola irigasi tetes secara otomatis pada tanaman sawi. Sistem pertanian pintar ini menggunakan sensor kelembapan tanah kapasitif untuk memantau kelembapan tanah, sensor pH tanah untuk memantau pH tanah, dan sensor *ultrasonic* HC-SR04 untuk memantau ketinggian air pada tangki air. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem pertanian pintar ini adalah ESP32 dan modul komunikasi yang digunakan adalah LoRa SX1278. Sistem pertanian pintar ini menggunakan sistem irigasi tetes yang akan tertampil pada aplikasi Blynk. Sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi tanaman secara jarak jauh dan irigasi tetes otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah. Hasil pengujian sistem pertanian pintar menggunakan sistem irigasi tetes menunjukkan akurasi sensor *ultrasonic* untuk mengukur ketinggian air sebesar 96,71%, sensor kelembapan tanah untuk mengukur tingkat kelembapan tanah sebesar 94,65%, dan sensor pH tanah untuk mengukur pH tanah sebesar 97,46%. Komunikasi menggunakan LoRa pada daerah dengan minim gangguan mampu menjangkau jarak hingga 321,66 meter. Sedangkan pada daerah dengan banyak gangguan mampu menjangkau jarak hingga 100 meter. Rata-rata waktu pengiriman data LoRa sebesar 3,185 detik.

Kata kunci: Sistem Pertanian Pintar, Irigasi Tetes, Tanaman Sawi, LoRa SX1278, Blynk IoT

## Abstract

Mustard greens require an efficient irrigation system to support optimal growth and increase productivity. One irrigation system that can be used is a drip irrigation system. This study designs a smart farming system based on the *Internet of Things* (IoT) and *Long Range* (LoRa) technology to automatically manage drip irrigation in mustard greens. This smart farming system uses a capacitive soil moisture sensor to monitor soil moisture, a soil pH sensor to monitor soil pH, and an HC-SR04 ultrasonic sensor to monitor the water level in the water tank. The microcontroller used in this smart farming system is ESP32 and the communication module used is LoRa SX1278. This smart farming system uses a drip irrigation system that will be displayed on the Blynk application. This system allows remote monitoring of plant conditions and automatic drip irrigation based on soil moisture levels. The results of testing the smart farming system using a drip irrigation system showed the accuracy of the ultrasonic sensor to measure water levels of 96.71%, the soil moisture sensor to measure soil moisture levels of 95.65%, and the soil pH sensor to measure soil pH of 97.46%. Communication using LoRa in areas with minimal interference can reach a distance of up to 321.66 meters. While in areas with a lot of interference it can reach a distance of up to 100 meters. The average LoRa data transmission time is 3.185 seconds.

Keywords: Smart Farming System, Drip Irrigation, Mustard Greens, LoRa SX1278, Blynk IoT

## 1. PENDAHULUAN

Tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki tingkat konsumsi tinggi di Indonesia, terutama karena harga yang terjangkau serta kandungan nutrisinya yang kaya. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, produksi sawi di Indonesia menunjukkan tren peningkatan, yakni dari 727.467 ton pada tahun 2021 menjadi 760.608 ton pada tahun 2022 [1]. Peningkatan produksi ini juga tercermin di beberapa wilayah, termasuk di Kalimantan Barat. Meskipun wilayah ini memiliki lahan gambut yang luas dan potensial untuk pertanian, pada musim kemarau lahan gambut mengalami kekeringan ekstrem, yang menghambat keberhasilan budidaya tanaman seperti sawi. Kekeringan menyebabkan tanah kehilangan kemampuan mempertahankan kelembapan, sehingga diperlukan strategi pengelolaan air yang tepat untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Salah satu pendekatan yang dapat diadopsi untuk mengatasi permasalahan ini adalah penggunaan sistem irigasi yang efisien. Irigasi tetes menjadi alternatif yang sangat efektif, karena metode ini mengalirkan air langsung ke zona perakaran tanaman secara perlahan melalui tetesan, sehingga mengurangi kehilangan air akibat evaporasi [2]. Selain meningkatkan efisiensi penggunaan air, sistem ini juga memungkinkan budidaya tanaman sepanjang tahun tanpa ketergantungan pada musim tanam. Namun, praktik di lapangan menunjukkan bahwa sebagian besar petani sayuran di Kalimantan Barat masih menerapkan metode penyiraman manual, yang membutuhkan banyak air, tenaga, dan waktu, sehingga dinilai kurang efisien.

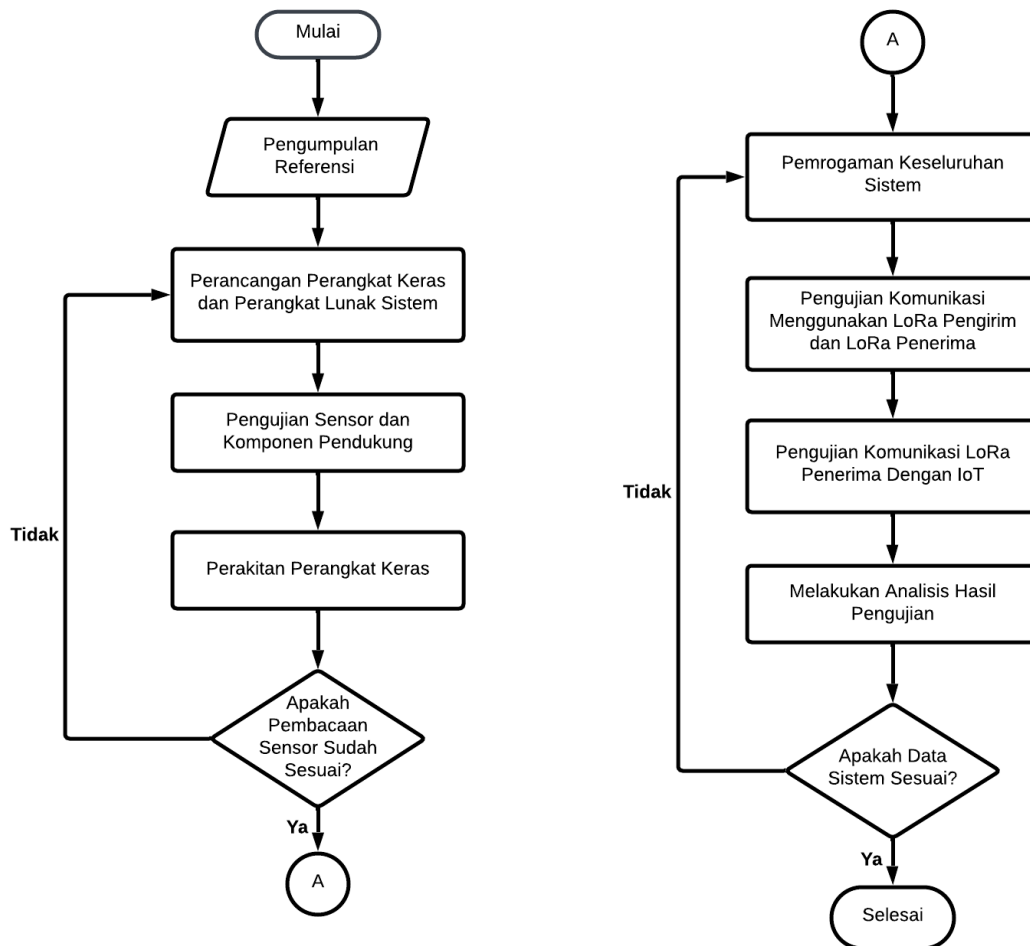
Melihat tantangan tersebut, diperlukan pengembangan sistem irigasi tetes otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dan teknologi komunikasi Long Range (LoRa) untuk mendukung pertanian sawi. Penerapan teknologi ini memungkinkan pemantauan kelembapan tanah secara real-time, sehingga air hanya diberikan saat tanaman membutuhkannya. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga menekan biaya operasional dan menjaga kelestarian sumber daya air. Selain itu, integrasi sensor pH tanah memungkinkan pemantauan kondisi kimia tanah, sementara sensor ultrasonik pada tangki air memungkinkan pemantauan volume air secara otomatis, sehingga proses pengisian ulang tangki dapat dilakukan tanpa intervensi manual. Dengan demikian, penerapan sistem pertanian berbasis IoT dan LoRa diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan ketahanan pertanian di wilayah gambut.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi pendahuluan untuk mengumpulkan informasi awal mengenai konsep pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT) dan Long Range (LoRa). Studi pendahuluan ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman terkait teknologi irigasi tetes otomatis serta pemanfaatan sensor untuk pemantauan kondisi tanah. Referensi dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku teks, hingga video pembelajaran untuk mendukung validitas dan akurasi rancangan penelitian. Selanjutnya, dilakukan studi pustaka untuk memperkuat landasan teoritis dan memastikan bahwa penelitian ini tidak mengulang riset sebelumnya, sekaligus mengidentifikasi celah penelitian yang relevan untuk diisi. Kegiatan studi pustaka membantu menyusun kerangka konsep dan menentukan pendekatan teknis yang akan digunakan dalam pengembangan sistem. Tahapan-tahapan ini merupakan dasar penting sebelum memasuki tahap perancangan sistem secara menyeluruh.

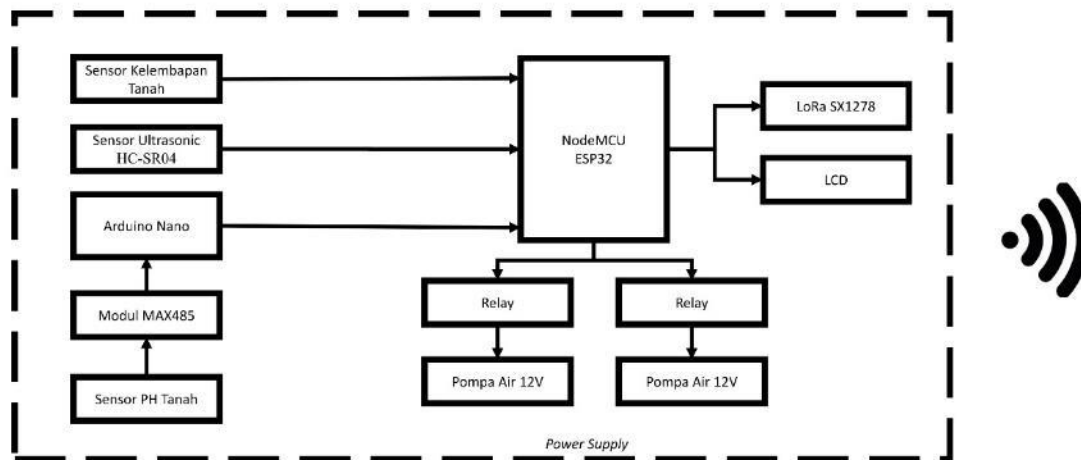
Perancangan sistem bertujuan membangun prototipe pertanian pintar berbasis irigasi tetes yang mampu memantau kelembapan tanah, pH tanah, serta ketinggian air dalam tangki secara otomatis. Komunikasi data antar perangkat dilakukan dengan menggunakan modul LoRa SX1278, sedangkan pengendalian dan monitoring dilakukan melalui platform IoT berbasis ESP32 dan aplikasi Blynk. Diagram alir penelitian (Gambar 1) disusun untuk memandu seluruh

proses penelitian mulai dari literatur review, desain perangkat keras dan lunak, pengujian sensor, hingga analisis hasil [3]. Sistem dirancang dengan menggunakan beberapa sensor utama, yaitu sensor kelembapan tanah kapasitif, sensor pH tanah berbasis RS485, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk ketinggian air. Setiap data sensor diproses menggunakan mikrokontroler dan dikirimkan melalui LoRa transmitter ke LoRa receiver untuk selanjutnya ditampilkan di aplikasi Blynk secara real-time.

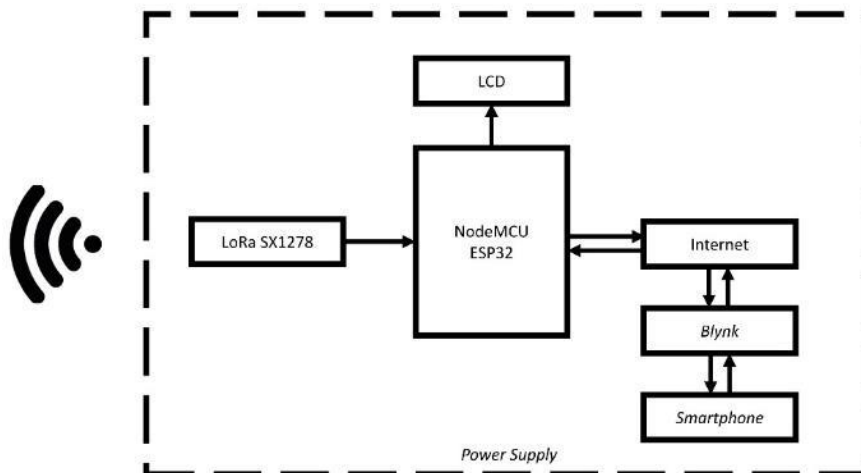


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada tahap perancangan perangkat keras (Gambar 2 dan 3), dilakukan perakitan komponen berdasarkan wiring diagram yang telah disusun, mencakup ESP32, Arduino Nano, sensor-sensor terkait, serta modul komunikasi LoRa. Untuk meningkatkan keakuratan sambungan, dibuat desain Printed Circuit Board (PCB) menggunakan software EasyEDA yang mencakup transmitter dan receiver. Pembuatan PCB ini bertujuan untuk memudahkan integrasi seluruh komponen dalam satu sistem yang terorganisir. Di sisi lain, perangkat lunak dirancang untuk mengoptimalkan pengolahan data dari sensor melalui pemrograman Arduino IDE, mencakup pengolahan data ADC, pembacaan sensor secara periodik, serta pengiriman data melalui LoRa. Data sensor yang diterima juga diintegrasikan ke aplikasi Blynk untuk memudahkan monitoring berbasis cloud. Implementasi ini memungkinkan sistem beroperasi secara otomatis dengan efisiensi penggunaan sumber daya air yang lebih baik.

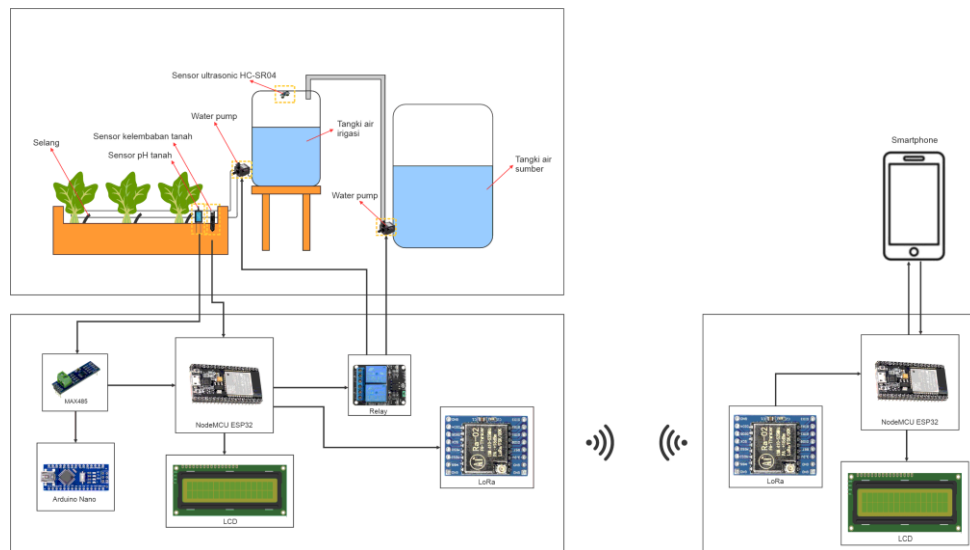


Gambar 2. Diagram Blok Pengirim



Gambar 3. Diagram Blok Penerima

Metode analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat ukur standar untuk mengevaluasi akurasi dan reliabilitas sistem. Pengujian meliputi sensor ketinggian air (HC-SR04), sensor kelembapan tanah, dan sensor pH tanah untuk mendapatkan nilai galat dan persentase galat berdasarkan metode yang diadopsi dari [4]. Selain itu, dilakukan pengujian komunikasi LoRa untuk mengukur jarak efektif pengiriman data dan analisis waktu tunda antar perangkat. Data yang diperoleh dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata, akurasi, dan error masing-masing sensor. Evaluasi sistem menyeluruh dilakukan dengan pengamatan lapangan selama sepuluh hari untuk menilai kinerja operasional sistem irigasi tetes otomatis secara berkelanjutan. Seluruh metode ini dirancang untuk memberikan gambaran objektif mengenai keefektifan implementasi sistem pertanian pintar berbasis IoT dan LoRa. Gambar 4 menunjukkan rancangan alat sistem pertanian pintar dalam penelitian ini.



Gambar 4. Rancangan Alat Sistem Pertanian Pintar

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

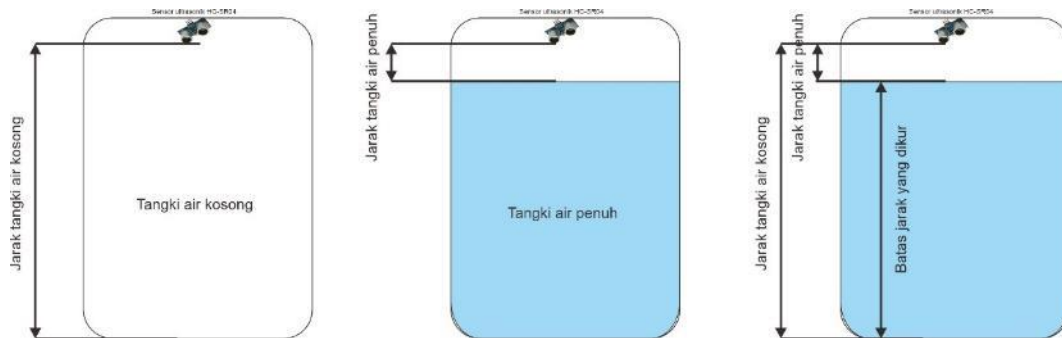
Perancangan perangkat keras dalam penelitian ini diawali dengan pembuatan transmitter dan receiver yang masing-masing menggunakan mikrokontroler ESP32. Pada transmitter, dipasang sensor kelembapan tanah kapasitif, sensor pH tanah berbasis RS485, dan sensor ultrasonic HC-SR04 untuk pengukuran ketinggian air. Sensor-sensor tersebut dihubungkan ke Arduino Nano dan ESP32, kemudian dikomunikasikan menggunakan modul LoRa SX1278. Receiver dirancang dengan lebih sederhana, terdiri dari ESP32, LoRa SX1278, dan LCD 20x4 sebagai tampilan data. Hasil perakitan perangkat keras ini membentuk sistem pertanian pintar yang mampu membaca data lingkungan secara real-time dan mengirimkan informasi ke perangkat penerima melalui koneksi Long Range (LoRa) [3].

Pada sisi perangkat lunak, sistem dikembangkan dengan menggunakan Arduino IDE, di mana dilakukan pemrograman untuk membaca data dari masing-masing sensor, memproses hasil pembacaan, serta mengirimkannya ke aplikasi Blynk melalui receiver. Untuk transmitter, dibuat kode program agar mampu membaca kelembapan tanah, ketinggian air, dan pH tanah secara periodik. Data yang diperoleh kemudian dikirimkan secara berkala menggunakan protokol LoRa. Receiver bertugas menerima data tersebut dan meneruskannya ke server Blynk, sekaligus menampilkan data pada layar LCD. Pemrograman ini memungkinkan pemantauan kondisi tanaman sawi hijau dapat dilakukan secara jarak jauh melalui aplikasi berbasis cloud.

Hasil rancangan aplikasi monitoring berbasis Blynk menunjukkan keberhasilan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak. Setelah membuat template di server Blynk, perangkat receiver dikonfigurasi untuk mengirim data ke platform tersebut menggunakan token autentikasi yang telah diberikan. Widget-Widget seperti Button dan Gauge ditambahkan untuk menampilkan status relay pompa air, nilai ketinggian air, pH tanah, dan kelembapan tanah secara visual. Pada hasil implementasi, aplikasi Blynk mampu menampilkan data sensor secara real-time dengan akurasi yang tinggi. Integrasi ini sangat membantu dalam mempermudah proses pemantauan kondisi lahan tanpa perlu inspeksi langsung [2].

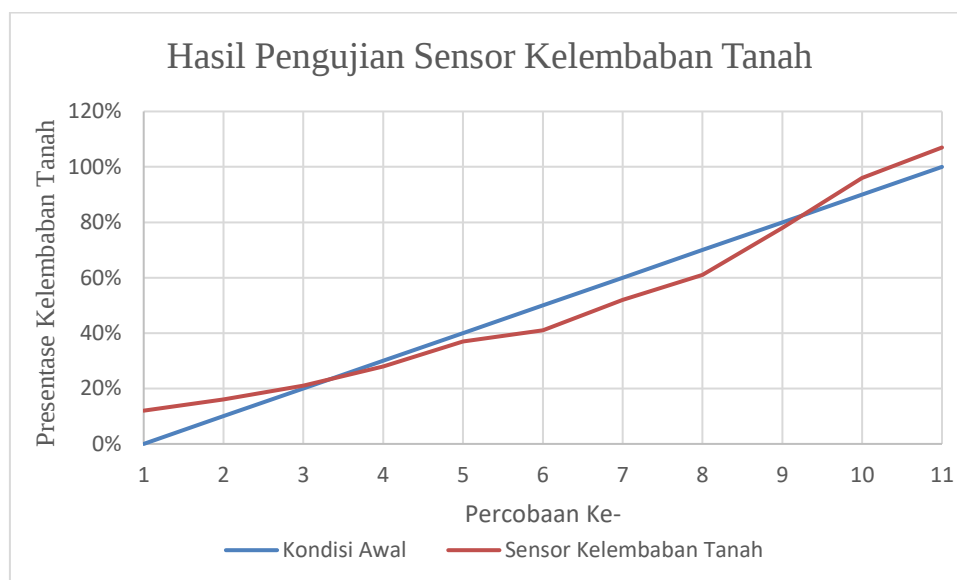
Pengujian sensor ultrasonic HC-SR04 dilakukan untuk mengukur keakuratan sensor dalam mendeteksi ketinggian air di tangki. Berdasarkan pengujian terhadap 20 sampel, diperoleh

nilai rata-rata persentase galat sebesar 3,28% dengan tingkat akurasi sebesar 96,71%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonic cukup andal dalam mengukur jarak air dari permukaan sensor ke permukaan air. Kesimpulan ini memperkuat validitas penggunaan sensor ultrasonic dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT [17]. Gambar 4 menunjukkan ilustrasi pengukuran menggunakan sensor ultrasonic.



Gambar 4. Ilustrasi Pengukuran Menggunakan Sensor *Ultrasonic*

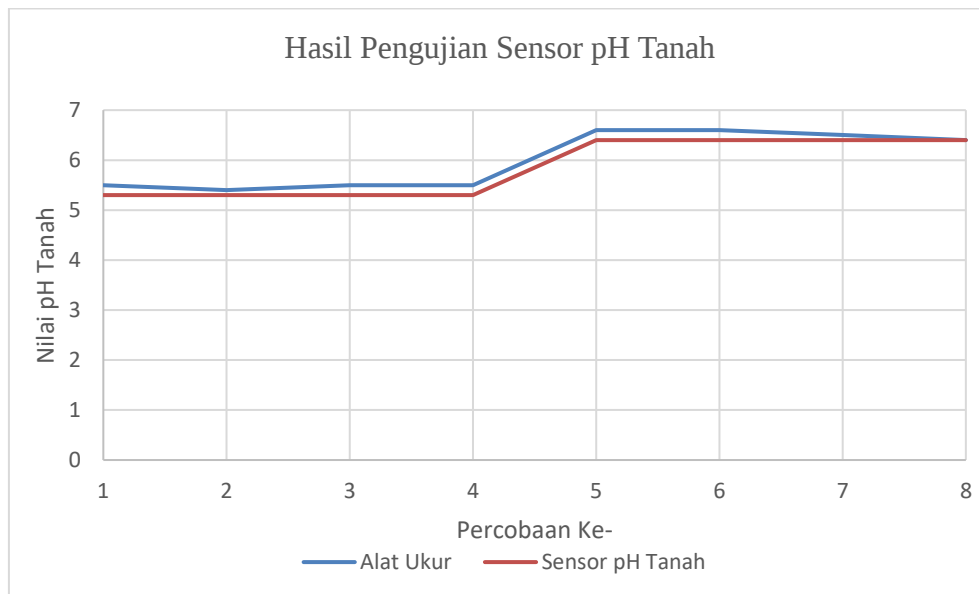
Sensor kelembapan tanah juga diuji untuk menilai keandalannya dalam mengukur tingkat kelembapan media tanam. Uji coba dilakukan dengan sebelas sampel tanah dengan variasi kelembapan yang berbeda-beda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai rata-rata persentase galat sebesar 5,35% dengan akurasi sebesar 94,65%. Semakin tinggi kelembapan tanah, nilai pembacaan ADC dari sensor menunjukkan tren menurun, sesuai dengan karakteristik sensor kapasitif. Grafik regresi linear antara nilai ADC dan kelembapan tanah memperlihatkan hubungan linier negatif dengan koefisien kemiringan sebesar -0,2148 [16]. Temuan ini membuktikan bahwa sensor kelembapan tanah bekerja sesuai ekspektasi dalam mendukung sistem irigasi tetes otomatis. Hasil pengujian sensor kelembapan tanah disajikan dalam gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Sensor pH tanah tipe RS485 juga berhasil diuji untuk memverifikasi tingkat keakuratannya dalam mendeteksi nilai pH tanah. Dari hasil uji terhadap delapan kali pengukuran, didapatkan nilai rata-rata persentase galat sebesar 2,54% dengan tingkat akurasi sebesar 97,46%. Pembacaan sensor menggunakan Arduino Nano dikarenakan keterbatasan tegangan ESP32 yang

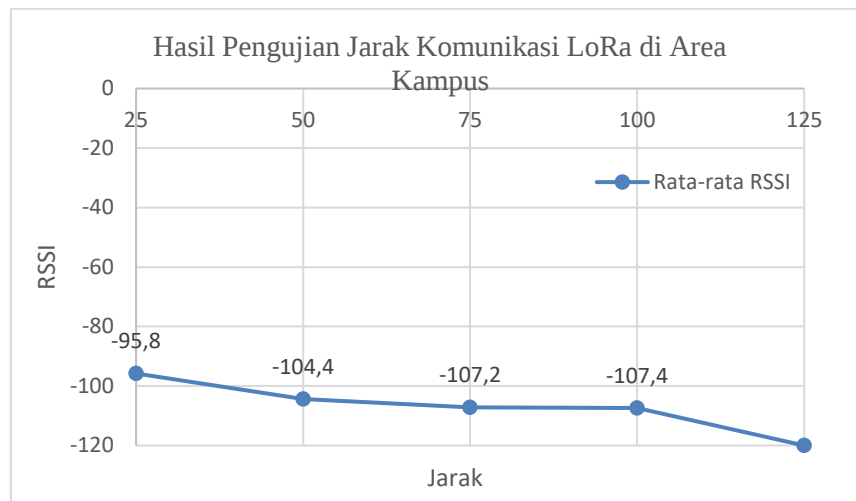
tidak sesuai dengan kebutuhan sensor. Grafik perbandingan antara hasil pembacaan sensor pH dan alat ukur pH meter analog menunjukkan kesesuaian data yang sangat baik. Oleh karena itu, sensor pH tanah ini dapat diandalkan untuk monitoring kualitas tanah dalam sistem pertanian pintar [15]. Hasil uji sensor pH tanah disajikan dalam gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Sensor pH Tanah

Pengujian komunikasi data menggunakan modul LoRa SX1278 dilakukan untuk mengukur jarak efektif pengiriman data dan kualitas sinyal. Pada lokasi terbuka di Jalan Sepakat 2, jangkauan maksimum komunikasi LoRa mencapai 321,66 meter dengan nilai RSSI yang menurun seiring bertambahnya jarak. Nilai RSSI pada jarak 50 meter tercatat -70 dBm, sedangkan pada 300 meter menurun menjadi -107 dBm. Penurunan nilai RSSI ini menunjukkan penurunan kualitas sinyal yang wajar dalam komunikasi wireless jarak jauh [5]. Hasil ini membuktikan bahwa LoRa efektif digunakan untuk komunikasi data pertanian di wilayah yang minim infrastruktur jaringan internet.

Selanjutnya, pengujian dilakukan di area kampus Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura untuk mengukur jangkauan LoRa dalam kondisi dengan banyak hambatan seperti gedung dan pepohonan. Jarak maksimal yang dapat dicapai adalah 100 meter dengan nilai RSSI sekitar -108 dBm. Untuk jarak lebih dari 125 meter, data dari transmitter tidak dapat diterima oleh receiver. Faktor penghalang fisik dan interferensi sinyal Wi-Fi lokal diduga menjadi penyebab utama penurunan performa jarak LoRa [5]. Meski demikian, jangkauan 100 meter dalam kondisi ini sudah cukup memadai untuk aplikasi pertanian skala kecil hingga menengah. Gambar 7 menunjukkan grafik pengujian jarak komunikasi LoRa di area kampus.



Gambar 7. Grafik Pengujian Jarak Komunikasi LoRa di Area Kampus

Waktu pengiriman data dari transmitter ke receiver juga diuji untuk mengetahui latensi komunikasi dalam sistem. Berdasarkan 12 kali pengukuran, rata-rata selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan data adalah sebesar 3,185 detik. Waktu tunda ini masih dalam batas toleransi untuk monitoring pertanian secara real-time, mengingat delay program diatur setiap 3 menit. Hasil ini membuktikan bahwa sistem komunikasi LoRa mampu memberikan kinerja yang stabil dan cepat untuk kebutuhan monitoring berbasis IoT [5]. Temuan ini sangat penting untuk menjaga kontinuitas pemantauan lahan pertanian secara efektif.

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengoperasikan sistem irigasi otomatis selama sepuluh hari di lahan percobaan. Data yang diperoleh meliputi pH tanah, persentase kelembapan tanah, persentase ketinggian air, serta kondisi hidup/mati relay pompa irigasi dan tangki air. Hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem dapat menjaga kelembapan tanah di atas 60%, yang sesuai untuk pertumbuhan sawi hijau [6]. Selain itu, nilai pH tanah juga terjaga di kisaran 6,2–6,5, yang merupakan rentang optimal untuk tanaman sawi [7]. Kondisi ini membuktikan bahwa sistem pertanian pintar yang dikembangkan dapat berfungsi dengan baik dalam mengelola kebutuhan air dan kualitas tanah.

### 3.2 Pembahasan

Pengembangan sistem pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT) dan Long Range (LoRa) dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang signifikan terhadap efisiensi irigasi tetes. Implementasi sensor kelembapan tanah, sensor pH tanah, dan sensor ultrasonic HC-SR04 terbukti mampu memberikan data yang akurat untuk pengelolaan air dan kondisi tanah. Sistem monitoring real-time melalui aplikasi Blynk juga memungkinkan pengguna untuk melakukan pengawasan jarak jauh terhadap kondisi lahan [2]. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan IoT dalam sistem pertanian meningkatkan efisiensi penggunaan air dan memperbaiki produktivitas lahan [8]. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan telah memenuhi kebutuhan pertanian berkelanjutan di lahan terbatas.

Penggunaan sensor kelembapan tanah kapasitif terbukti efektif dalam memantau kondisi tanah. Dari hasil pengujian, diperoleh tingkat akurasi sebesar 94,65% dengan rata-rata persentase galat sebesar 5,35%. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian lain yang menggunakan sensor serupa dalam aplikasi irigasi tetes berbasis IoT, yang menunjukkan tingkat akurasi tinggi dalam mendeteksi kelembapan tanah [9], [10]. Hubungan antara nilai ADC dan tingkat kelembapan

tanah yang bersifat linier juga memperkuat validitas sensor ini untuk aplikasi pertanian. Dengan akurasi tersebut, irigasi dapat dikendalikan lebih tepat waktu, mencegah kekeringan maupun kelebihan air yang merugikan pertumbuhan tanaman.

Sensor ultrasonic HC-SR04 juga berfungsi dengan sangat baik dalam memonitor tingkat ketinggian air pada tangki. Berdasarkan hasil pengujian, sensor ini memiliki akurasi sebesar 96,71% dengan rata-rata persentase galat sebesar 3,28%. Hasil ini mendukung penelitian [11] yang menyatakan bahwa sensor ultrasonic HC-SR04 memiliki performa tinggi dalam mendeteksi permukaan cairan dalam sistem monitoring otomatis. Dengan informasi yang akurat tentang ketersediaan air di tangki, sistem irigasi dapat bekerja lebih efisien, memastikan tanaman tidak kekurangan air tanpa perlu pengawasan manual. Teknologi ini berkontribusi besar dalam meningkatkan keberlanjutan sistem pertanian modern.

Pengujian sensor pH tanah menunjukkan akurasi yang sangat tinggi, yaitu sebesar 97,46% dengan persentase galat rata-rata sebesar 2,54%. Penggunaan sensor pH berbasis RS485 sangat mendukung efektivitas monitoring karena kemampuannya berkomunikasi menggunakan protokol standar industri [3]. Nilai pH tanah sangat penting dalam menentukan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, dan sistem ini berhasil menjaga nilai pH pada rentang optimal 6,2–6,5 untuk tanaman sawi hijau [7]. Temuan ini sejalan dengan studi [6] yang menyatakan bahwa sawi membutuhkan pH tanah yang netral hingga sedikit asam untuk pertumbuhan optimal. Dengan demikian, sistem mampu memfasilitasi pengelolaan tanah yang lebih presisi.

Komunikasi data menggunakan LoRa SX1278 terbukti sangat efektif dalam transmisi data jarak jauh. Dalam kondisi terbuka, jangkauan LoRa mampu mencapai hingga 321,66 meter dengan nilai RSSI yang menurun secara bertahap sesuai bertambahnya jarak [5]. Hasil ini konsisten dengan penelitian lain yang menggunakan LoRa untuk aplikasi pertanian dan menunjukkan keandalan komunikasi dalam jangkauan luas [8]. Namun, pada lingkungan dengan banyak hambatan seperti gedung dan pepohonan, jangkauan maksimal hanya mencapai 100 meter, yang disebabkan oleh interferensi sinyal dan penghalang fisik. Meskipun demikian, jarak ini masih mencukupi untuk pertanian dalam skala kecil hingga menengah.

Dari segi latensi, hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih waktu rata-rata antara pengiriman dan penerimaan data sebesar 3,185 detik. Waktu tunda ini masih dalam batas wajar untuk kebutuhan monitoring pertanian, sebagaimana dinyatakan dalam penelitian [5] bahwa delay dalam sistem IoT berbasis LoRa umumnya dapat diterima selama berada di bawah 5 detik. Kondisi ini memungkinkan sistem untuk memantau kondisi lapangan hampir secara real-time tanpa mengganggu efektivitas irigasi. Oleh karena itu, integrasi komunikasi LoRa dalam sistem ini cukup efektif untuk mempercepat pengambilan keputusan dalam pengelolaan pertanian.

Pengujian sistem secara keseluruhan selama sepuluh hari memperlihatkan bahwa alat mampu mempertahankan kondisi optimal untuk pertumbuhan tanaman sawi hijau. Kelembapan tanah tetap terjaga di atas 60%, sedangkan nilai pH tanah konsisten pada kisaran 6,2–6,5. Selain itu, irigasi dapat dilakukan otomatis saat kelembapan menurun tanpa intervensi manual, mendukung hasil penelitian sebelumnya mengenai efektivitas irigasi tetes otomatis berbasis IoT [12], [13]. Kinerja ini menunjukkan bahwa sistem pertanian pintar yang dikembangkan tidak hanya mampu menghemat air, tetapi juga meningkatkan efektivitas kerja petani. Keberhasilan ini membuka peluang penerapan lebih luas pada berbagai jenis tanaman hortikultura.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi sistem irigasi tetes otomatis berbasis IoT dan LoRa mampu mendukung pertanian presisi di Indonesia. Sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai sensor, jaringan komunikasi jarak jauh, dan platform monitoring berbasis cloud untuk menciptakan solusi yang adaptif terhadap kondisi lingkungan. Keterbatasan seperti pengaruh penghalang fisik pada jarak komunikasi dan ketergantungan terhadap kualitas jaringan masih menjadi tantangan yang perlu diperbaiki. Namun, dari sisi aplikasi praktis, inovasi ini memberikan kontribusi nyata dalam mendorong efisiensi dan

keberlanjutan pertanian modern. Ke depannya, pengembangan sistem ini dapat diarahkan pada penambahan fitur-fitur seperti pemupukan otomatis dan pemantauan unsur hara tanah.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang dilakukan, penelitian mengenai pengembangan sistem pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT) dan Long Range (LoRa) menunjukkan bahwa sistem ini berfungsi dengan baik dan sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Sistem pertanian pintar yang menggunakan irigasi tetes berhasil mengairi lahan dengan efektif, menjaga kelembapan tanah untuk mencegah kekeringan, serta memantau parameter penting seperti pH tanah dan ketinggian tangki air. Hasil pengukuran menunjukkan akurasi yang sangat baik, dengan sensor ultrasonic HC SR04 untuk mengukur persentase ketinggian air memiliki akurasi sebesar 96,71%, sensor kelembapan tanah memiliki akurasi 94,65%, dan sensor pH tanah memiliki akurasi 97,46%. Teknologi Long Range (LoRa) juga terbukti efektif mendukung sistem pertanian pintar ini di area pertanian dengan keterbatasan akses internet, sehingga komunikasi dapat berjalan lancar meskipun di lokasi yang sulit dijangkau. Pengujian menunjukkan bahwa jarak modul LoRa di area dengan gangguan minimal dapat mencapai 321,66 meter, sedangkan di area dengan gangguan lebih banyak, jaraknya adalah 100 meter. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk pengiriman dan penerimaan data adalah 3,185 detik. Berdasarkan temuan ini, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain penambahan sensor kelembapan udara untuk memonitor kondisi dalam greenhouse, penyesuaian jarak tanam sawi hijau agar lebih rapat, penggunaan sensor ultrasonic waterproof yang lebih akurat untuk mengukur ketinggian air, serta penambahan sensor untuk mengukur kandungan NPK tanah dan sistem pemberian pupuk otomatis. Selain itu, untuk meningkatkan jangkauan modul LoRa, disarankan untuk menggunakan antena dengan tingkat penguatan dBi yang lebih baik dan memperhatikan ketinggian pemasangan alat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, “‘Produksi Tanaman Sayuran, 2021-2022,’ Badan Pusat Statistik,” 2021.
- [2] J. Tarigan, B. Bernandus, I. A. A. Al-hud, and A. B. S. Umbu, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL IRIGASI TETES OTOMATIS PADA TANAMAN SAWI HIJAU BERBASIS MIKROKONTROL ARDUINO,” *J. Fis. Fis. Sains dan Apl.*, vol. 7, no. 2, pp. 57–66, 2022.
- [3] S. D. Infantri, H. Priyatman, and E. D. Marindani, “RANCANG BANGUN SIMULATOR LATIHAN TEMBAK MENGGUNAKAN LASER BERBASIS ARDUINO NANO,” *J. Electr. Eng. Energy, Inf. Technol.*, vol. 8, no. 1.
- [4] D. Jia, “‘Cara Menghitung Galat Persentase,’ <https://id.wikihow.com/Menghitung-Galat-Persentase?form=MG0AV3>,” 2020.
- [5] M. G. Salsabila, M. A. Murti, and A. Z. Fuadi, “Rancang Bangun Komunikasi Kwh Meter 3 Fasa Berbasis Internet Of Things (iot) Menggunakan Lora,” *eProceedings Eng.*, vol. 9, no. 5, 2022.
- [6] I. T. Lehalima *et al.*, “GREEN MUSTARD PLANT CULTIVATION TECHNIQUE (Brassica Juncea L): TEKNIK BUDIDAYA TANAMAN SAWI HIJAU (Brassica Juncea L),” *Indones. J. Engag. Community Serv. Empower. Dev.*, vol. 1, no. 3, pp. 140–144, 2021.
- [7] A. A. Riska, “‘Pengaruh Cara Pemberian Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica juncea L.),’ *Jurnal Serambi Biologi*, vol. 7, no. 4, hlm. 275–282,” 2022.
- [8] M. Sholeh, “Sistem Monitoring dan Kontrol pada Irigasi Tetes Berbasis IoT Menggunakan LoRa,” 2019, *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- [9] dan M. G. S. Setyawan, Nurfiana, L. Rosmalia, “‘Analisis Perbandingan dan

- 
- Karakterisasi Sensor Kelembaban Tanah Jenis Kapasitif dengan Jenis Resistif pada Objek Penginderaan yang Sama,' Jurnal Teknik, vol. 18, no. 1, hlm. 47–54," 2024.
- [10] I. A. Azam, H. Pujiharsono, and S. Indriyanto, "Sistem Irigasi Tetes Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Y1-69 Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Teodolita Media Komunkasi Ilm. di Bid. Tek.*, vol. 24, no. 1, pp. 65–73, 2023.
- [11] H. Purwanto, M. Riyadi, D. W. W. Astuti, and I. W. A. W. Kusuma, "Komparasi sensor ultrasonik HC-SR04 dan JSN-SR04T untuk aplikasi sistem deteksi ketinggian air," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2019.
- [12] N. Jamal, Q. Hidayati, and Z. Zulkarnain, "Sistem Irigasi Tetes Dengan Teknologi Internet Of Things," *Pros. Snitt Poltekba*, vol. 5, pp. 1–5, 2021.
- [13] A. SURYANINGRAT, D. KURNIANTO, and R. A. ROCHMANTO, "Sistem monitoring kelembaban tanaman cabai rawit menggunakan irigasi tetes gravitasi berbasis Internet of Things (IoT)," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 10, no. 3, p. 568, 2022.