



ANALISA SISTEM PENYIRAMAN TANAMAN JAHE BERBASIS IOT MENGUNAKAN SISTEM KOMUNIKASI JARAK JAUH

Doni Bolon Marpaung¹, Neilcy Tjahjamoonsih², Jannus Marpaung³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak

¹donimarp@student.untan.ac.id

Abstract

*This study aims to design and implement an automatic irrigation system for red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) using Internet of Things (IoT) technology supported by LoRa communication modules. The system utilizes ESP32 and ESP8266 microcontrollers integrated with YL-9 soil moisture sensors and a DHT22 temperature and humidity sensor. Measurement data are wirelessly transmitted to the Thingier.io platform for real-time monitoring. The irrigation pump is automatically activated when soil moisture falls below a defined threshold and deactivated once optimal conditions are restored. Experimental results demonstrate that the system effectively detects soil moisture changes, regulates irrigation efficiently, and maintains soil stability within the experimental plot. The implementation of this system is expected to improve water use efficiency, reduce the risk of crop failure during dry seasons, and promote sustainable red ginger farming practices.*

Keywords: Internet of Things (IoT), LoRa, automatic irrigation, red ginger, Thingier.io

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis pada tanaman jahe merah berbasis Internet of Things (IoT) dengan dukungan modul komunikasi LoRa. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan ESP8266 yang terhubung dengan sensor kelembapan tanah YL-9 serta sensor suhu dan kelembapan udara DHT22. Data hasil pengukuran dikirim secara nirkabel ke platform Thingier.io untuk dipantau secara real-time. Pompa air diaktifkan secara otomatis ketika kelembapan tanah turun di bawah ambang batas tertentu dan berhenti ketika kelembapan telah mencapai kondisi optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja secara efektif dalam mendeteksi perubahan kelembapan tanah, mengatur proses penyiraman dengan efisien, serta mempertahankan kestabilan kelembapan pada lahan percobaan. Penerapan sistem ini berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan air, meminimalkan risiko gagal panen saat musim kemarau, serta mendukung budidaya jahe merah secara berkelanjutan.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), LoRa, penyiraman otomatis, jahe merah, Thingier.io

Article History

Received: August 2025

Reviewed: August 2025

Published: August 2025

Plagiarism Checker No:
235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed

under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



PENDAHULUAN

Jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum* Rosc.) merupakan salah satu komoditas rempah yang memiliki nilai ekonomi dan manfaat kesehatan yang sangat tinggi di Indonesia. Sebagai tanaman obat, jahe merah telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional maupun modern, baik dalam bentuk jamu, ekstrak, maupun sebagai bahan tambahan industri farmasi dan makanan. Permintaan terhadap jahe merah tidak hanya datang dari pasar domestik, tetapi juga meningkat di pasar internasional. Data perdagangan menunjukkan bahwa ekspor jahe merah Indonesia menjangkau negara-negara seperti Amerika Serikat, Hongkong, Singapura, dan Pakistan. Tingginya permintaan tersebut menjadikan jahe merah sebagai salah satu komoditas strategis dalam meningkatkan pendapatan petani sekaligus menyumbang devisa negara.

Selain nilai ekonominya, jahe merah juga memiliki keunggulan farmakologis. Kandungan senyawa bioaktif seperti gingerol, shogaol, dan minyak atsiri menjadikannya bermanfaat sebagai antioksidan, antiinflamasi, serta terapi pendukung bagi penderita gangguan pencernaan, kardiovaskular, hingga diabetes mellitus. Bahkan, dalam dunia kesehatan, jahe merah dikenal mampu membantu mengurangi rasa mual pada ibu hamil (*morning sickness*) serta memperkuat daya tahan tubuh. Dengan segudang manfaat tersebut, tidak mengherankan apabila komoditas ini semakin diminati konsumen baik dalam bentuk segar, olahan, maupun produk turunan.

Namun, produktivitas jahe merah di Indonesia masih menghadapi berbagai kendala. Salah satu faktor penting yang seringkali menjadi penghambat adalah ketersediaan air yang tidak merata sepanjang tahun. Air merupakan elemen vital dalam proses fisiologis tanaman, terutama dalam fotosintesis, transportasi nutrisi, dan menjaga stabilitas metabolisme. Ketersediaan air yang tidak mencukupi, khususnya pada musim kemarau, berpotensi menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen. Sebaliknya, penyiraman berlebihan juga dapat memicu permasalahan seperti kelembapan berlebih yang menyebabkan serangan penyakit akar. Oleh karena itu, pengelolaan penyiraman yang tepat, terukur, dan konsisten menjadi kunci dalam budidaya jahe merah.

Dalam praktik konvensional, petani biasanya melakukan penyiraman secara manual berdasarkan perkiraan kebutuhan tanaman. Metode ini memiliki banyak keterbatasan, seperti ketidakakuratan dalam menentukan kadar kelembapan tanah, keterlambatan dalam pemberian air, hingga pemborosan sumber daya. Masalah tersebut tidak hanya menurunkan produktivitas tanaman, tetapi juga berdampak pada efisiensi penggunaan air, yang semakin penting di tengah isu krisis air global. Di sinilah peran teknologi modern sangat dibutuhkan untuk menghadirkan solusi yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pertanian. Konsep *IoT* memungkinkan integrasi sensor, mikrokontroler, serta perangkat komunikasi untuk mengumpulkan data lingkungan secara *real-time* dan memberikan respon otomatis sesuai kebutuhan. Dalam bidang pertanian, penerapan *IoT* sering disebut sebagai *smart farming*, yaitu pendekatan pertanian berbasis data yang mendukung efisiensi sumber daya, pemantauan jarak jauh, serta pengendalian otomatis terhadap berbagai variabel lingkungan. Sistem berbasis *IoT* terbukti mampu membantu petani dalam mengambil keputusan yang lebih tepat, mengurangi ketergantungan pada perkiraan manual, serta meningkatkan produktivitas.

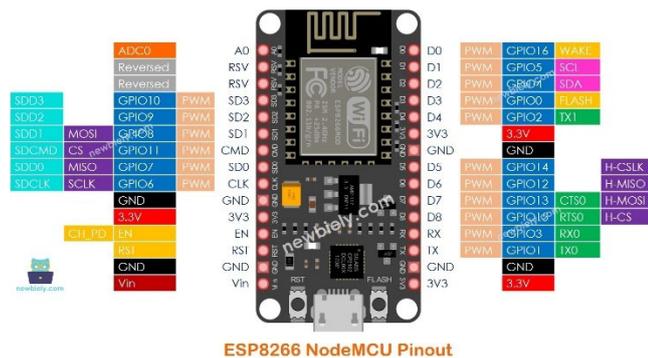
Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan potensi besar penerapan *IoT* dalam sistem penyiraman. Misalnya, Noverta Effendi dkk. (2022) merancang sistem penyiraman otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dengan ESP8266, yang dapat dimonitor melalui *smartphone*. Penelitian tersebut membuktikan bahwa *IoT* mampu mengurangi beban kerja petani sekaligus memastikan penyiraman sesuai kebutuhan tanaman. Penelitian lain oleh Fajar Eka Subagja dkk. (2023) menguji sistem penyiraman otomatis berbasis NodeMCU ESP8266 dan Firebase, serta menunjukkan keandalan dalam mengatur pompa air secara otomatis. Sementara



itu, Muhammad Ilham Fatchu Reza (2022) menganalisis kinerja komunikasi data pada model *tanaman cerdas* menggunakan berbagai platform IoT dan menekankan pentingnya pemilihan media komunikasi yang andal untuk meningkatkan efektivitas sistem.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, masih terdapat ruang untuk pengembangan sistem penyiraman yang lebih komprehensif, khususnya untuk komoditas spesifik seperti jahe merah. Tantangan yang sering muncul dalam penerapan IoT di lahan pertanian adalah keterbatasan jangkauan komunikasi data, terutama ketika lahan berada di area yang sulit dijangkau jaringan internet. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi *LoRa (Long Range)* menjadi solusi yang relevan karena memungkinkan transmisi data dengan jangkauan lebih luas, konsumsi daya rendah, serta tetap andal meskipun di daerah terpencil.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem penyiraman tanaman jahe merah berbasis IoT yang terintegrasi dengan modul komunikasi *LoRa*. Sistem ini menggunakan kombinasi mikrokontroler ESP32 dan ESP8266, sensor kelembapan tanah YL-9, serta sensor suhu dan kelembapan DHT22. Data hasil pengukuran dikirimkan secara nirkabel dan ditampilkan pada platform *Thingier.io*, sehingga petani dapat memantau kondisi tanah dan udara secara *real-time*. Mekanisme kerja sistem dirancang sedemikian rupa sehingga pompa air otomatis menyala ketika kelembapan tanah berada di bawah ambang batas, dan berhenti saat kondisi telah kembali optimal.



Gambar 1. Pin Out ESP8266

(Sumber : <https://newbiely.com/tutorials/esp8266/esp8266-pinout/>)

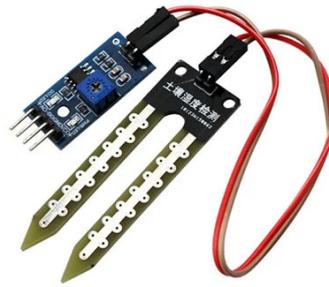
Dengan rancangan tersebut, penelitian ini diharapkan mampu menjawab dua permasalahan utama, yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem penyiraman tanaman jahe berbasis IoT dengan dukungan komunikasi *LoRa* yang dapat diimplementasikan secara praktis pada lahan pertanian?
2. Bagaimana menganalisis kinerja sistem tersebut dalam menjaga kelembapan tanah sesuai kebutuhan tanaman jahe merah?

Tujuan penelitian ini adalah:

- Merancang dan mengembangkan sistem penyiraman tanaman jahe merah berbasis IoT yang efisien dan dapat dipantau secara jarak jauh.
- Menguji kinerja sistem dalam mendeteksi perubahan kelembapan tanah, mengatur penyiraman secara otomatis, dan menilai efektivitas penggunaan air.

Adapun batasan penelitian ditetapkan untuk menjaga fokus penelitian, yaitu: (1) penggunaan ESP32 pada sisi pemancar dan ESP8266 pada sisi penerima, (2) pemanfaatan sensor YL-9 dan DHT22 sebagai instrumen utama pengukuran, (3) penggunaan aki sebagai sumber energi utama, serta (4) integrasi platform *Thingier.io* sebagai media pemantauan data. Ruang lingkup pengujian dibatasi pada rumah plastik dengan dimensi 2,5 m × 2 m × 2,5 m sebagai area percobaan.



Gambar 2. Sensor Kelembapan Tanah

(Sumber: <https://www.kmtech.id/post/mengenal-soil-moisture-sensor-kebermanfaatannya-dalam-bidang-pertanian-dan-perkebunan>)

Kontribusi utama penelitian ini adalah menghadirkan sistem penyiraman otomatis yang dapat diimplementasikan dalam skala kecil hingga menengah, khususnya pada budidaya jahe merah. Sistem ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman, tetapi juga menjadi contoh penerapan pertanian cerdas yang sesuai dengan kebutuhan lokal petani di Indonesia. Ke depan, hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan sistem IoT yang lebih luas pada komoditas pertanian lain, sekaligus memperkuat transformasi pertanian tradisional menuju *smart agriculture* yang berkelanjutan.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Kajian pustaka penting untuk memahami perkembangan penelitian terkait sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* serta teknologi komunikasi nirkabel yang mendukungnya. Beberapa penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini.

Noverta Effendi dkk. (2022) merancang sistem penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembapan tanah berbasis IoT dengan mikrokontroler ESP8266. Sistem tersebut memungkinkan monitoring melalui *smartphone* secara *real-time* dan terbukti mampu mengurangi keterlambatan penyiraman pada lahan kecil.

Penelitian lain dilakukan oleh Muhammad Ilham Fatchu Reza (2022) yang menganalisis kinerja komunikasi data pada model *tanaman cerdas* menggunakan beberapa platform IoT, seperti App Inventor, Blynk, dan Thingspeak. Fokus utamanya adalah mengevaluasi performa transmisi data berdasarkan parameter *delay* dan *data error rate*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan platform dan metode komunikasi sangat berpengaruh terhadap kehandalan sistem.

Selanjutnya, Fajar Eka Subagja dkk. (2023) menguji kinerja sistem penyiraman otomatis berbasis NodeMCU ESP8266 dengan Firebase sebagai penyimpanan data. Sistem tersebut mampu mengendalikan pompa air berdasarkan pembacaan sensor kelembapan tanah, serta menyajikan data penyiraman secara terpusat melalui jaringan internet.

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem penyiraman berbasis IoT memiliki potensi besar untuk mendukung pertanian modern. Namun, sebagian besar penelitian masih terbatas pada penggunaan konektivitas Wi-Fi atau platform berbasis internet standar, sehingga jangkauan sistem relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba mengembangkan solusi dengan memanfaatkan *LoRa* sebagai teknologi komunikasi jarak jauh, yang diintegrasikan ke dalam sistem penyiraman tanaman jahe merah.



Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep jaringan yang menghubungkan berbagai perangkat fisik (*smart objects*) sehingga mampu saling bertukar informasi dan melakukan kontrol otomatis. IoT memungkinkan integrasi sensor, aktuator, serta perangkat komputasi untuk memantau kondisi lingkungan secara *real-time* dan mengendalikan sistem tanpa keterlibatan manusia secara langsung.

Dalam bidang pertanian, IoT digunakan untuk mengukur kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, hingga kadar nutrisi. Data tersebut dikirimkan ke platform berbasis *cloud* sehingga petani dapat melakukan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh. Penerapan IoT di sektor pertanian dikenal sebagai *smart farming*, yang mendukung efisiensi penggunaan sumber daya, peningkatan produktivitas, serta keberlanjutan lingkungan.

Teknologi Jaringan 4G LTE dan LoRa

Teknologi komunikasi nirkabel menjadi komponen penting dalam penerapan IoT. Jaringan 4G LTE merupakan generasi keempat komunikasi seluler yang mampu menyediakan layanan berbasis *Internet Protocol (IP)* dengan kecepatan tinggi. Parameter kinerja jaringan 4G LTE biasanya diukur melalui *Reference Signal Received Power (RSRP)*, *Reference Signal Received Quality (RSRQ)*, *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*, dan *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*. Nilai-nilai tersebut menentukan kualitas sinyal yang diterima perangkat pengguna.

Namun, penggunaan 4G LTE dalam sistem pertanian masih terkendala oleh kebutuhan akses internet dan konsumsi daya yang relatif tinggi. Sebagai alternatif, teknologi *Long Range (LoRa)* menjadi solusi komunikasi nirkabel dengan jangkauan hingga 10-15 km, konsumsi daya rendah, serta biaya operasional yang lebih efisien. LoRa bekerja dengan modulasi *spread spectrum* dan antarmuka *SPI (Serial Peripheral Interface)*, yang memungkinkan integrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 dan ESP8266.

Dalam penelitian ini, LoRa digunakan untuk komunikasi *point-to-point* antara pemancar (Tx) dan penerima (Rx). Data sensor kelembapan tanah dan suhu dikirimkan dari Tx ke Rx, kemudian diproses dan ditampilkan pada platform *Thingier.io*.

Mikrokontroler ESP8266 dan ESP32

ESP8266 adalah papan mikrokontroler dengan kemampuan konektivitas Wi-Fi yang umum digunakan dalam proyek IoT. Modul ini dilengkapi 17 pin GPIO, RAM 32K+80K, kecepatan prosesor hingga 160 MHz, serta memori *flash* 4 MB. ESP8266 dapat diprogram melalui *Arduino IDE* dan memiliki fleksibilitas tinggi dalam integrasi sensor.

ESP32 merupakan pengembangan dari ESP8266 dengan prosesor yang lebih kuat, dukungan konektivitas Wi-Fi dan *Bluetooth*, serta lebih banyak pin GPIO. Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pemancar (Tx) karena kemampuannya dalam menangani banyak sensor sekaligus, sementara ESP8266 berperan sebagai penerima (Rx) yang terhubung ke *dashboard* pemantauan.

Sensor Kelembapan Tanah (YL-9)

Sensor kelembapan tanah YL-9 bekerja dengan prinsip perubahan resistansi tanah terhadap arus listrik. Ketika tanah semakin basah, resistansi menurun, dan sebaliknya resistansi meningkat ketika tanah mengering. Sensor ini memiliki tiga pin utama, yaitu VCC, GND, dan AO, serta dapat beroperasi dengan tegangan 3,3-5 V. Data kelembapan dari sensor menjadi dasar utama dalam penentuan kapan pompa harus diaktifkan atau dimatikan.

Sensor DHT22

Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Dengan rentang suhu 0-50°C dan kelembapan 20-90% RH, sensor ini memiliki akurasi yang cukup tinggi, yakni $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 5\%$ RH untuk kelembapan. Data dari sensor ini mendukung analisis kondisi lingkungan di sekitar tanaman jahe merah, yang turut memengaruhi kebutuhan penyiraman.



Sistem Penyiraman Tanaman Jahe Merah

Penyiraman tanaman jahe merah secara konvensional biasanya dilakukan 2-3 kali sehari, yaitu pagi, siang, dan sore, dengan volume air tertentu. Pola penyiraman yang tidak tepat berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman, baik akibat kekurangan maupun kelebihan air. Oleh karena itu, sistem otomatis berbasis IoT yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan menjaga kelembapan tanah dalam rentang optimal, yaitu 35-50%.

Kerangka Berpikir Penelitian

Berdasarkan penelitian terdahulu dan teori yang relevan, kerangka berpikir penelitian ini menekankan bahwa penerapan IoT pada penyiraman tanaman jahe merah akan meningkatkan efisiensi penggunaan air serta meminimalkan risiko gagal panen. Integrasi sensor YL-9 dan DHT22 dengan ESP32 serta ESP8266 memungkinkan monitoring kelembapan tanah secara *real-time*. Sementara itu, pemanfaatan LoRa menjamin komunikasi data yang stabil dengan jangkauan luas meskipun berada di lokasi terbatas jaringan internet. Platform *Thingier.io* berperan sebagai media visualisasi data sehingga petani dapat memantau kondisi tanaman kapan pun dan di mana pun.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem pertanian cerdas (*smart agriculture*), khususnya pada komoditas jahe merah yang memiliki nilai ekonomi tinggi.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Telekomunikasi, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, Pontianak. Lokasi tersebut dipilih karena dilengkapi sarana pendukung uji perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Selain itu, rumah plastik berukuran 2,5 m × 2 m × 2,5 m dibangun sebagai tempat percobaan tanaman jahe merah, yang sekaligus menjadi lokasi pengujian sistem penyiraman otomatis. Penelitian berlangsung sejak Agustus 2024 hingga April 2025, meliputi tahap perancangan perangkat, integrasi sistem, pengujian, serta analisis data.

Bahan Penelitian

Bahan utama dalam penelitian ini adalah tanaman jahe merah (*Zingiber officinale var. rubrum*) yang ditanam pada media tanah campuran gambut, tanah kuning, dan sekam padi. Media tanam tersebut dipilih karena sesuai dengan karakteristik pertumbuhan jahe merah. Penyiraman dilakukan dengan memanfaatkan tandon air berkapasitas tertentu yang dihubungkan ke pompa air DC 12V untuk mengalirkan air ke area tanaman.

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras meliputi:

- Mikrokontroler: NodeMCU ESP8266 (sebagai penerima/receiver) dan ESP32 (sebagai pemancar/transmitter).
- Sensor: YL-9 untuk mengukur kelembapan tanah (8 buah) dan DHT22 untuk mengukur suhu serta kelembapan udara.
- Pompa air: Water Pump DC 12V yang dikendalikan melalui relay.
- Modul komunikasi: LoRa Ra-02 dengan antena 5 dBi untuk komunikasi *point-to-point*.
- Sumber daya: Baterai 18650 yang disusun seri (4 unit) untuk menghasilkan 14 V/2000 mAh serta aki 12V.
- Komponen tambahan: *Breadboard*, kabel *jumper*, resistor, LED indikator, dan *toggle switch*.



Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Arduino IDE: untuk menulis, mengunggah, dan menguji program pada mikrokontroler.
- Fritzing: untuk merancang skematik rangkaian elektronik.
- Thinger.io: sebagai platform *IoT* berbasis *cloud* untuk menampilkan data sensor dan status perangkat secara *real-time*.

Perancangan Perangkat Keras

Rangkaian perangkat keras dirancang untuk mendukung otomatisasi penyiraman tanaman. ESP32 bertindak sebagai pemancar data yang terhubung dengan sensor YL-9 dan DHT22. Data dari sensor dikirimkan melalui modul LoRa Ra-02 ke ESP8266 sebagai penerima. ESP8266 kemudian mengirimkan data ke platform *Thinger.io* untuk divisualisasikan melalui *dashboard*.

Pompa air DC dikendalikan oleh relay yang diaktifkan otomatis ketika sensor kelembapan mendeteksi nilai di bawah 35%. Jika kelembapan tanah telah melebihi 50%, pompa akan berhenti. Dengan demikian, sistem memastikan penyiraman dilakukan secara efisien dan sesuai kebutuhan tanaman.

Perancangan Komponen Elektronik

Skema elektronik dibagi menjadi empat subsistem:

1. Antarmuka sensor kelembapan tanah YL-9 dengan ESP32 untuk membaca kadar air tanah.
 2. Antarmuka sensor DHT22 dengan ESP32 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara.
 3. Antarmuka relay dan pompa air dengan ESP32 untuk mengendalikan penyiraman.
 4. Integrasi LoRa Ra-02 dengan ESP32 (Tx) dan ESP8266 (Rx) untuk komunikasi data jarak jauh.
- Rangkaian diuji secara bertahap untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai desain.

Integrasi dengan Platform Thinger.io

Platform *Thinger.io* digunakan sebagai media visualisasi data. Data sensor yang dikirimkan melalui LoRa diekstraksi pada sisi penerima, kemudian ditampilkan dalam bentuk angka, grafik *real-time*, dan indikator status pompa. Sistem memungkinkan pemantauan kondisi kelembapan tanah dan suhu udara dari perangkat *smartphone* maupun laptop.

Data dan Variabel Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem berdasarkan variabel berikut:

- Kelembapan tanah: diukur menggunakan sensor YL-9 pada delapan titik berbeda.
- Suhu dan kelembapan udara: diperoleh dari sensor DHT22.
- Respon pompa: diamati berdasarkan kondisi kelembapan tanah.
- Parameter komunikasi LoRa: meliputi *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*, *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*, serta *Time on Air (ToA)*.

Skenario Pengambilan Data

Data dikumpulkan melalui dua skenario utama:

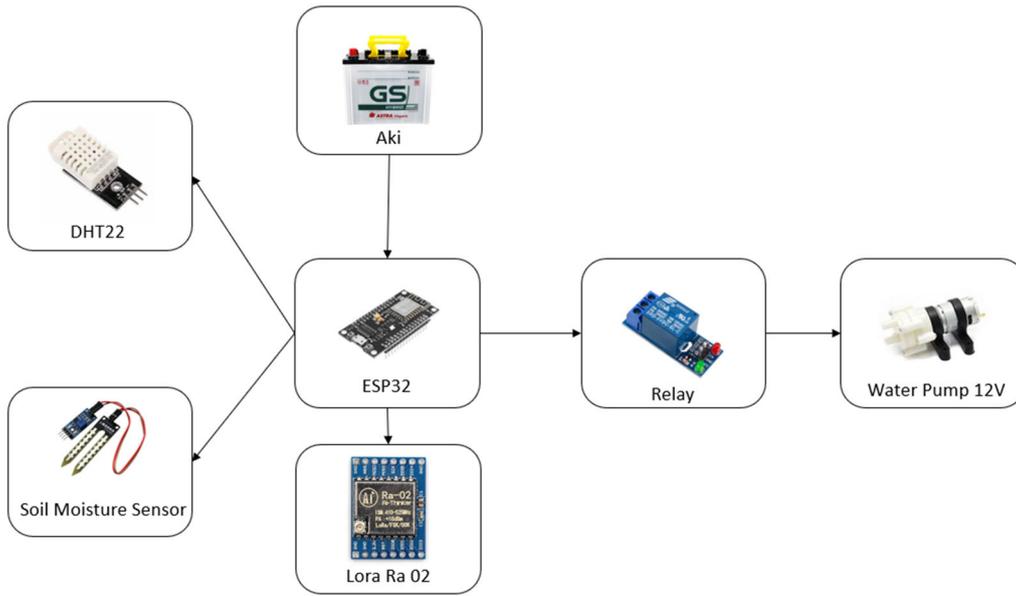
1. Skenario penyiraman otomatis, di mana pompa menyala ketika kelembapan tanah <35% dan mati ketika kelembapan >50%.
2. Skenario komunikasi LoRa, yaitu pengiriman data sensor dari transmitter ke receiver dengan jangkauan 100 meter dalam kondisi *line of sight*.

Data hasil pengukuran disimpan, ditampilkan melalui *dashboard*, dan dibandingkan dengan ambang batas yang ditentukan.

Diagram Alur Penelitian

Proses penelitian digambarkan dalam diagram alir yang terdiri atas:

1. Perancangan perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Integrasi sistem.
3. Uji coba sensor kelembapan dan suhu.
4. Uji komunikasi LoRa *point-to-point*.
5. Implementasi penyiraman otomatis pada rumah plastik tanaman jahe merah.
6. Analisis data hasil pengujian.



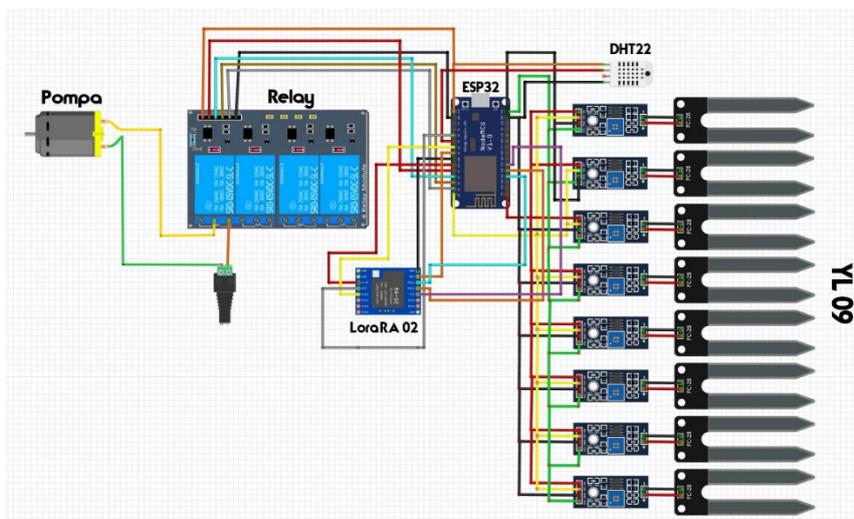
Gambar 3. Diagram Blok Perancangan Perangkat Keras
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Rancangan Rumah Tanaman Jahe Merah

Rumah plastik dirancang dengan dimensi panjang 2,5 m, lebar 2 m, dan tinggi 2,5 m. Di dalamnya ditempatkan tanaman jahe merah yang ditanam menggunakan media polybag, dilengkapi selang air, pompa, serta sensor kelembapan tanah. Empat sensor ditempatkan pada area dengan penyiraman otomatis, sedangkan empat sensor lainnya ditempatkan pada area tanpa penyiraman sebagai pembanding.

Model Komunikasi Master-Slave

Komunikasi antara pemancar (ESP32) dan penerima (ESP8266) menggunakan model *master-slave* dalam mode *half duplex*. Master mengirimkan kode alamat untuk meminta data, kemudian slave merespons dengan mengirimkan data sensor. Data diterima, diekstraksi, dan ditampilkan pada *dashboard Thinger.io*.



Gambar 4. Rangkaian Komponen Listrik
(Sumber: Dokumen Pribadi)

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Pengujian Sensor Kelembapan Tanah (YL-9)



Gambar 5. Pengujian Sensor YL-9

Pengujian pertama dilakukan untuk mengetahui kinerja sensor YL-9 dalam mendeteksi kelembapan tanah pada media tanam jahe merah. Delapan buah sensor ditempatkan pada dua area berbeda, yaitu area dengan penyiraman otomatis (S1-S4) dan area tanpa penyiraman (S5-S8).

Pada area penyiraman otomatis, sensor menunjukkan adanya peningkatan kelembapan secara konsisten seiring berjalannya waktu. Misalnya, pada sensor S1, kelembapan awal tercatat 25,52% dan meningkat hingga 79,87% setelah penyiraman 300 detik. Respon serupa terlihat pada S2, S3, dan S4 dengan pola kenaikan linier. Hasil ini membuktikan bahwa sensor bekerja akurat dalam mendeteksi perubahan kelembapan tanah akibat penyiraman.

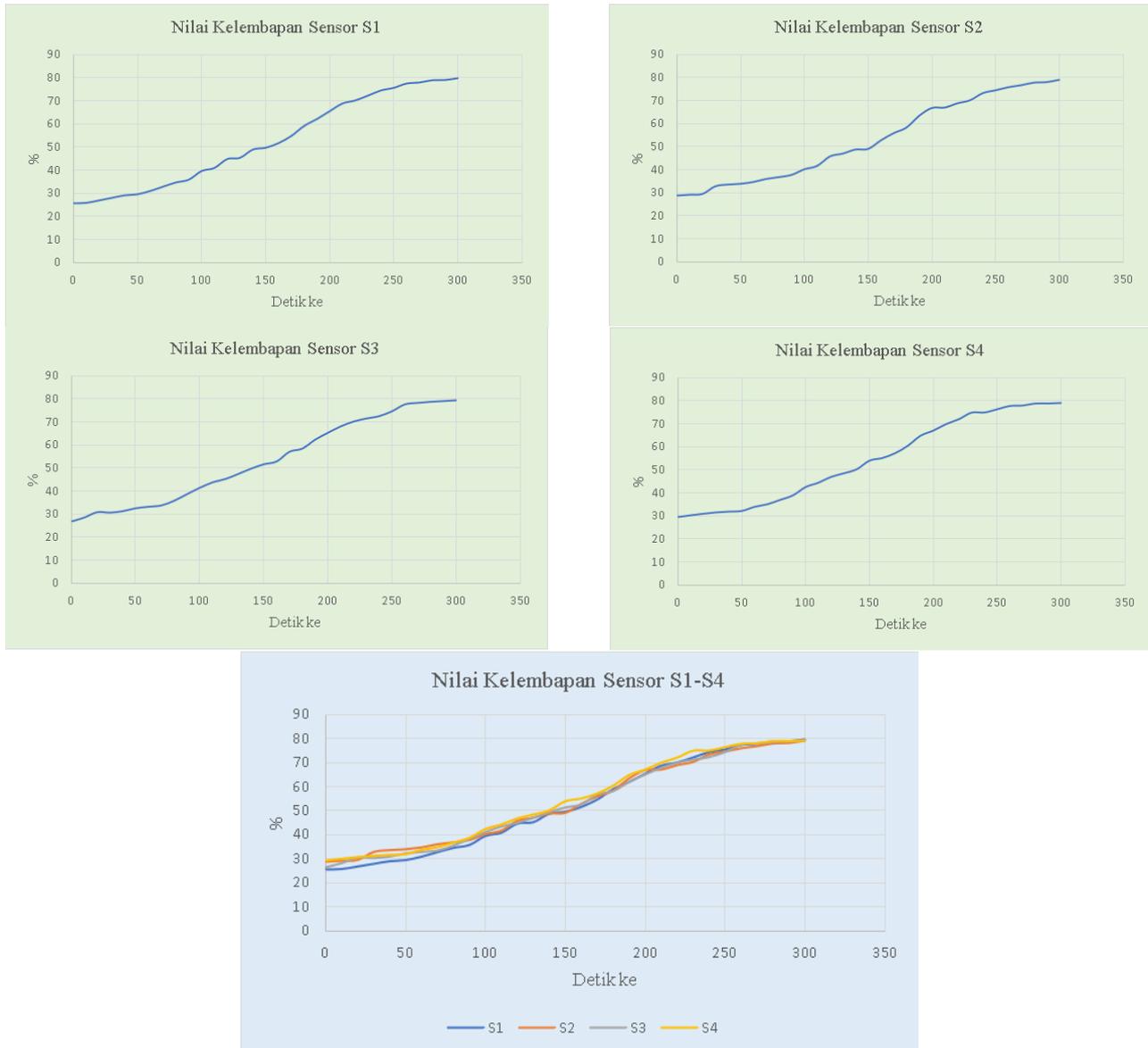
Sebaliknya, pada sensor S5-S8 yang ditempatkan di area tanpa penyiraman, nilai kelembapan tidak mengalami perubahan signifikan. Nilai awal berkisar antara 29-32% dan tetap stabil hingga akhir pengamatan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa distribusi penyiraman benar-benar terbatas pada area yang dilengkapi sistem otomatis, serta tidak ada pengaruh kelembapan pada area kontrol.

Temuan ini menegaskan bahwa sistem sensor mampu membedakan area penyiraman dan non-penyiraman, serta berfungsi sebagai dasar keputusan aktivasi pompa.

Hasil Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan Udara (DHT22)

Pengujian sensor DHT22 dilakukan di laboratorium dan di rumah tanaman jahe merah. Di laboratorium, sensor diberi radiasi panas dari solder dengan jarak 3 cm. Hasil pengamatan selama 300 detik menunjukkan kenaikan suhu dari 28,88°C menjadi 46,75°C, sementara kelembapan udara turun dari 60,21% menjadi 35,22%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor DHT22 memiliki respon yang cepat terhadap perubahan lingkungan.

Pengujian lapangan pada rumah plastik tanaman jahe merah memperlihatkan nilai suhu udara berkisar 33,50°C-35,65°C dan kelembapan 32,08%-36,75%. Data tersebut sesuai dengan kondisi iklim rumah plastik yang cenderung panas dan lembap. Hasil ini memperkuat peran sensor DHT22 sebagai pendukung dalam pemantauan lingkungan sekitar tanaman.



Gambar 6. Perubahan Kelembapan Tanah Pada Sensor S1 s/d S4

Respon Pompa Air terhadap Perubahan Kelembapan

Pompa air 12V DC diuji dengan logika pengendalian berbasis ambang batas. Pompa aktif ketika kelembapan tanah <35% dan berhenti ketika nilai >50%. Hasil pengujian menunjukkan pompa mampu merespons secara otomatis terhadap perubahan kondisi tanah.

Misalnya, saat sensor mendeteksi kelembapan 34,66%, pompa langsung menyala dan mengalirkan air ke media tanam. Nilai kelembapan kemudian meningkat bertahap hingga melewati 50%, di mana pompa otomatis mati. Mekanisme ini berlangsung berulang-ulang sesuai kondisi aktual tanah.

Hasil ini membuktikan bahwa logika kendali yang diterapkan efektif dalam menjaga kelembapan tanah dalam rentang optimal (35-50%). Sistem ini tidak hanya menghemat penggunaan air, tetapi juga mencegah kondisi kelebihan air yang berisiko menurunkan kualitas pertumbuhan jahe merah.

Hasil Pengujian Komunikasi LoRa Point-to-Point

Pengujian komunikasi dilakukan pada jarak 100 meter dengan kondisi *line of sight*. Parameter yang diamati adalah *Received Signal Strength Indicator (RSSI)*, *Signal-to-Noise Ratio (SNR)*, serta *Time on Air (ToA)*.



- Rata-rata RSSI tercatat -97,17 dBm, masih berada di atas ambang minimal -120 dBm.
- Rata-rata SNR sebesar 3,93 dB, jauh lebih baik dari ambang batas -20 dB.
- Rata-rata ToA adalah 631,58 ms, dengan variasi antara 429-689 ms.

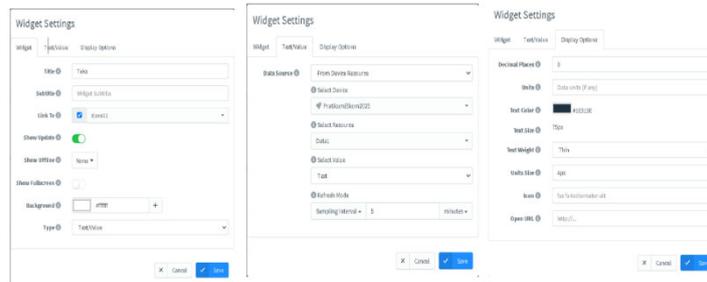
Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa komunikasi LoRa pada jarak 100 meter dapat berlangsung stabil dan andal. Paket data dapat dikirim setiap 5 detik tanpa adanya kehilangan informasi. Hal ini membuktikan bahwa LoRa sangat cocok digunakan untuk lahan pertanian yang relatif luas dan minim infrastruktur internet.

Integrasi Data Stream dan Thinger.io

Data dari sensor dikirim dalam bentuk *data stream* menggunakan format string yang dipisahkan tanda khusus. Pada sisi penerima, data diekstraksi dan dipisahkan menjadi variabel individu, meliputi kelembapan tanah S1-S8, suhu, kelembapan udara, status pompa, serta parameter komunikasi (RSSI, SNR, SF, CR, dan BW).

Selanjutnya, data ditampilkan di *dashboard Thinger.io*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *dashboard* mampu menampilkan informasi secara *real-time* dalam bentuk angka, grafik linier, tachometer, hingga indikator status pompa. Sebagai contoh, pada saat kelembapan tanah S1 mencapai 25,72%, sistem menampilkan status pompa “ON”. Setelah kelembapan naik ke 54,76%, status berubah otomatis menjadi “OFF”.

Integrasi dengan *Thinger.io* juga memungkinkan pemantauan dari *smartphone* maupun laptop, sehingga petani dapat mengetahui kondisi lahan tanpa harus berada di lokasi.



Gambar 7. Rule Pembuatan Widget Untuk Tampilan Data Pada Thinger.io

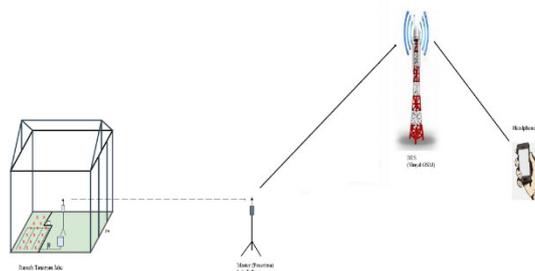
Pengujian Keseluruhan Sistem

Arsitektur sistem terdiri atas rumah plastik tanaman jahe merah (pemancar), penerima di laboratorium, serta perangkat pemantau (laptop/smartphone). Ketika daya dinyalakan, sistem langsung aktif dan menampilkan data pada *dashboard*.

Hasil pengujian keseluruhan menunjukkan bahwa:

1. Sistem mampu mendeteksi perubahan kelembapan tanah secara akurat.
2. Pompa air merespons sesuai logika yang telah diprogram.
3. Komunikasi LoRa berjalan stabil hingga jarak 100 meter.
4. Data dapat ditampilkan secara *real-time* di platform *Thinger.io*.

Kondisi tersebut membuktikan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini bekerja sesuai harapan. Selain itu, uji coba juga memperlihatkan bahwa sistem hemat energi karena konsumsi daya pada modul LoRa relatif kecil, serta pemakaian air lebih efisien dibandingkan metode penyiraman manual.



Gambar 4.1 Arsitektur Sistem Pemantau Kelembapan Tanah



Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat beberapa hal penting yang dapat dibahas:

1. Efisiensi Penyiraman

Sistem hanya mengaktifkan pompa ketika diperlukan, sehingga penggunaan air lebih hemat. Hal ini sangat relevan dalam menghadapi tantangan krisis air dan kebutuhan pertanian berkelanjutan.

2. Keandalan Komunikasi LoRa

Dibandingkan Wi-Fi yang terbatas pada radius puluhan meter, LoRa mampu menjangkau hingga kilometer dengan daya rendah. Hal ini membuka peluang implementasi sistem pada lahan pertanian yang lebih luas.

3. Fleksibilitas Monitoring

Integrasi dengan *Thinger.io* memungkinkan pemantauan *real-time* dari jarak jauh. Fitur ini sangat membantu petani yang tidak selalu berada di lahan, sekaligus mempermudah dalam pengambilan keputusan.

4. Keterbatasan Sistem

Meski sistem telah berfungsi baik, terdapat beberapa keterbatasan:

- Area uji terbatas pada rumah plastik berukuran kecil.
- Pengujian LoRa hanya dilakukan pada jarak 100 meter, sehingga perlu diuji lebih jauh untuk mengetahui batas jangkauannya.
- Sistem hanya mempertimbangkan parameter kelembapan tanah dan belum mengintegrasikan variabel lain seperti intensitas cahaya atau pH tanah.

5. Implikasi Pengembangan

Penelitian ini menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat diterapkan secara praktis pada budidaya jahe merah. Ke depan, sistem dapat diperluas dengan menambahkan sensor nutrisi tanah, modul energi terbarukan (panel surya), serta algoritma prediksi berbasis *machine learning* untuk mengoptimalkan penyiraman.

Secara umum, penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan komunikasi LoRa. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menjaga kelembapan tanah pada rentang optimal (35-50%), mengaktifkan pompa sesuai kebutuhan, dan menampilkan data secara *real-time*. Sistem terbukti efisien, andal, dan berpotensi besar mendukung praktik pertanian cerdas (*smart agriculture*) di Indonesia, khususnya pada budidaya jahe merah.

KESIMPULAN dan SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem penyiraman otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)* pada tanaman jahe merah, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem penyiraman otomatis berhasil diimplementasikan dengan baik. Integrasi mikrokontroler ESP32 dan ESP8266, sensor kelembapan tanah YL-9, sensor suhu dan kelembapan udara DHT22, serta modul komunikasi *LoRa* terbukti mampu bekerja secara sinergis dalam mendeteksi kondisi lingkungan dan mengendalikan penyiraman.
2. Kinerja sensor kelembapan tanah sangat akurat. Sensor mampu mendeteksi perubahan kelembapan secara bertahap, dengan respon linier terhadap penyiraman. Pada area kontrol tanpa penyiraman, nilai sensor tetap stabil, membuktikan sensitivitasnya terhadap kondisi aktual media tanam.
3. Pompa air merespons sesuai logika kendali. Pompa menyala ketika kelembapan tanah di bawah 35% dan berhenti ketika nilai di atas 50%. Hal ini memastikan bahwa penyiraman berlangsung sesuai kebutuhan, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien.



4. Komunikasi LoRa bekerja andal. Hasil uji *point-to-point* pada jarak 100 meter menunjukkan nilai rata-rata RSSI sebesar -97,17 dBm dan SNR 3,93 dB, yang berada di atas ambang batas minimum. Artinya, sistem memiliki potensi untuk diimplementasikan pada lahan yang lebih luas.
5. Integrasi dengan platform Thinger.io mendukung pemantauan *real-time*. Data kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, status pompa, serta parameter komunikasi dapat ditampilkan secara interaktif dalam bentuk grafik, angka, maupun indikator visual. Fitur ini memberikan kemudahan bagi petani dalam memantau kondisi tanaman dari jarak jauh menggunakan *smartphone* atau laptop.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan dukungan komunikasi LoRa mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga kestabilan kelembapan tanah, dan mendukung praktik pertanian cerdas (*smart agriculture*) yang berkelanjutan.

Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa saran dapat diajukan sebagai berikut:

1. Penambahan variabel pengukuran. Selain kelembapan tanah, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor pH tanah, intensitas cahaya, dan kadar nutrisi, sehingga penyiraman dapat lebih adaptif terhadap kebutuhan tanaman.
2. Perluasan jangkauan komunikasi. Uji coba komunikasi LoRa sebaiknya dilakukan pada jarak lebih dari 100 meter, termasuk di medan dengan kondisi *non-line of sight*, untuk mengetahui sejauh mana sistem dapat diimplementasikan pada lahan pertanian luas.
3. Integrasi energi terbarukan. Sistem dapat menggunakan panel surya sebagai sumber energi alternatif, sehingga lebih mandiri dan ramah lingkungan, terutama pada wilayah yang jauh dari sumber listrik utama.
4. Pengembangan platform IoT mandiri. Meski *Thinger.io* cukup andal, pengembangan platform lokal berbasis *open-source* akan memberikan fleksibilitas lebih besar, sekaligus mengurangi ketergantungan pada layanan pihak ketiga.
5. Penerapan algoritma cerdas. Integrasi *machine learning* atau *fuzzy logic* dapat membantu sistem melakukan prediksi kebutuhan penyiraman secara otomatis berdasarkan pola data lingkungan, sehingga penyiraman menjadi lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Agus and R. Rogomulyo, "Pengaruh Lama Simpan dan Macam Wadah Penyimpanan terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Muda Jahe Merah (*Zingiber Officinale* var. *Rubrum* Rosc.)," *Vegetalika*, vol. 10, no. 2, pp. 133-141, May 2021, doi: 10.22146/veg.46956.
- [2] H. Hasfiah and N. Apriani, "Pengaruh Jenis Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc.)," *Media Agribisnis*, vol. 6, no. 2, pp. 164-173, Nov. 2022, doi: 10.35326/agribisnis.v6i2.2763.
- [3] M. K. Imam, E. Permata, and D. Desmira, "Sistem Kontrol Penyiram Otomatis Tanaman Tomat menggunakan Wemos D1 R1," *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 4, pp. 815-823, Oct. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i4.815.
- [4] N. Effendi, W. Ramadhani, and F. Farida, "Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembapan Tanah Berbasis IoT," *Jurnal CoSciTech*, vol. 3, no. 2, pp. 91-98, Aug. 2022, doi: 10.37859/coscitech.v3i2.3923.
- [5] M. I. F. Reza, "Analisis Kinerja Komunikasi Data Pada Model Taman Cerdas," *Jurnal Pendidikan Sains dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 2809-476, 2022, doi: 10.47709/jpsk.v2i2.1755.
- [6] F. E. Subagja, A. P. Supriyadi, A. R. Kurniadi, and Y. Saragih, "Pengujiann Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT," *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, vol. 8, no. 2, pp. 91-99, Dec. 2023, doi: 10.32897/infotronik.2023.8.2.3015.



- [7] I. P. Dewi and R. Fikri, "Optimalisasi Keamanan Rumah dengan Implementasi Sistem Notifikasi Gerbang Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 4, pp. 816-829, Aug. 2023, doi: 10.47065/josyc.v4i4.4004.
- [8] M. Yafiz and I. Suandi, "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan 4G LTE Antara Provider Smartfren dan Indosat Ooredoo di Wilayah Kota Lhokseumawe," in *Proc. Sem. Nas. Teknologi Informasi*, 2020.
- [9] P. Muliandhi et al., "Analisa Jaringan 4G LTE Provider H3I Menggunakan Software Genex Probe 5.1," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, vol. 11, no. 2, pp. 45-52, 2023.
- [10] E. M. Dos et al., "Analisis Kinerja Jaringan 4G Long Term Evolution (LTE) Berdasarkan Data Drive Test pada PT. Indosat Kupang," *Jurnal Informatika Telekomunikasi*, vol. 5, no. 1, pp. 21-28, 2022.
- [11] Y. Ismemet and T. Purnamirza, "Analisis Perbandingan Kualitas Sinyal 4G LTE pada Beberapa Provider," *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 2022.
- [12] A. Akram, F. H. Melvandino, W. Y. Bragaswara, and H. Ramza, "Analisis Kinerja Jaringan 4G LTE Menggunakan Metode Drive Test di Kelurahan Kampung Rambutan, Jakarta Timur," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 3, Aug. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3140.
- [13] A. R. Azhar, D. A. Setiawan, N. A. A. Yasmin, T. A. Putri, and G. F. Nama, "Sistem Monitoring Kapasitas Air dan Pengisian Otomatis Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP8266," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i1.3966.
- [14] M. H. Barri, B. A. Pramudita, and A. P. Wirawan, "Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Soil Moisture dan Sensor DHT11," *Electrops: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 110-117, 2021.
- [15] D. Zulfita, N. Nurmainah, and A. Asnawati, "Budidaya dan Pengolahan Jahe Merah sebagai Produk Kesehatan di Desa Tebang Kacang Kabupaten Kubu Raya," *Minda Baharu*, vol. 7, no. 2, pp. 176-185, Dec. 2023, doi: 10.33373/jmb.v7i2.2695.
- [16] B. Pujiasmanto, E. Triharyanto, H. Widijanto, P. Pardono, P. Harsono, and S. Sulandjari, "Sosialisasi, Penyuluhan, dan Pelatihan Budidaya Jahe Merah di Dusun Pelem, Desa Wonorejo, Kecamatan Jatiyoso, Kabupaten Karanganyar," *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*, vol. 5, no. 1, pp. 14-20, May 2021, doi: 10.20961/prima.v5i1.43990.
- [17] L. S. Ayuningi, "Pengaruh Pemberian Pupuk Bokashi Kotoran Sapi terhadap Kesuburan Tanah pada Tanaman Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc.)," *Agrotekbis*, vol. 10, no. 3, pp. 256-269, 2022.