

LoRa Based Soil Quality Monitoring System for Purple Eggplant Plants

Sistem Monitoring Kualitas Tanah pada Tanaman Terung Ungu Berbasis LoRa

Himawan Nugroho¹⁾, Shazana Dhiya Ayuni^{*,2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: shazana@umsida.ac.id

Abstract. *Soil fertility is a crucial factor in agriculture to achieve desired outcomes. Technological advancements today have been leveraged to support optimal plant growth. One example is eggplant cultivation, where the use of tools to monitor soil fertility is expected to increase eggplant productivity. This system is based on IoT and LoRa as the transport medium for transmitting data from soil moisture sensors, soil pH sensors, and DHT22 sensors. The sensor data readings show that soil pH and moisture levels are stable. The soil pH sensor remains stable at 7.79, and the soil moisture level is at 88.8. Eggplants thrive well at a pH of around 5-6 and soil moisture levels of 80%-90%.*

Keywords - Soil fertility, agriculture, technology, eggplant, Internet of Things (IoT), LoRa

Abstrak. Kesuburan tanah merupakan faktor penting dalam pertanian untuk mencapai hasil yang diharapkan. Kemajuan teknologi saat ini telah dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal. Salah satu contohnya adalah pada tanaman terung, dimana penggunaan alat yang dapat memonitor kesuburan tanah diharapkan dapat meningkatkan produktivitas terung. Sistem ini berbasis IoT dan LoRa sebagai media transportasi untuk pengiriman data pengukuran sensor soil moisture, sensor pH tanah, dan sensor DHT22. Hasil data pembacaan sensor menunjukkan bahwa pH dan kelembaban tanah stabil. Sensor pH tanah stabil di angka 7,79 dan kelembaban tanah di angka 88,8. Tanaman terung tumbuh baik pada pH sekitar 5-6 dan kelembaban tanah 80%-90%.

Kata Kunci – Kesuburan tanah, pertanian, teknologi, tanaman terung, Internet of Things (IoT), LoRa

I. PENDAHULUAN

Sistem adalah kumpulan prosedur yang saling berhubungan yang bekerja sama untuk melakukan sesuatu untuk mencapai tujuan tertentu[1]. Pengawasan adalah rangkaian tindakan mencakup pengumpulan, peninjauan, pelaporan, dan pengambilan tindakan berdasarkan informasi tentang proses yang sedang dilakukan. [2]. Monitoring adalah proses pemantauan yang mencakup kesadaran terhadap informasi yang ingin diketahui. Pemantauan pada tingkat yang tinggi dilakukan untuk memungkinkan pengukuran seiring waktu, yang menunjukkan apakah ada kemajuan menuju tujuan atau justru menjauh darinya[3]. Sistem monitoring adalah layanan yang menjalankan proses pengumpulan data serta analisis terhadap data tersebut dengan tujuan untuk mengoptimalkan seluruh sumber daya yang tersedia [4]. Sistem monitoring infrastruktur IT adalah platform yang digunakan untuk memantau, mengawasi, dan mengendalikan kinerja sistem infrastruktur IT, termasuk jaringan, server, aplikasi, dan perangkat lainnya[5].

Terong adalah jenis sayuran yang sangat disukai karena rasanya yang lezat, terutama ketika dimasak sebagai sayuran atau lalapan[6]. Dari tahun 1997 hingga 2012, produktivitas tanaman terong di Indonesia meningkat sebesar 1,43% per tahun, mencapai 518.827 ton/ha. Kontribusi Indonesia terhadap kebutuhan global terong hanya sekitar 1%, meskipun produksi terong nasional terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh metode budidaya terong yang kurang intensif dan sempingan serta jumlah lahan yang terbatas untuk digunakan (Badan Pusat Statistik, 2014, Produksi Tanaman Sayuran di Indonesia Periode 2003-2007)[7].

Tanaman terung merupakan salah satu komoditas dengan prospek pengembangan yang cukup baik dan umumnya dikonsumsi dalam bentuk segar atau olahan. Untuk mencapai hasil budidaya yang optimal, diperlukan pemenuhan persyaratan teknis yang ideal sehingga produksi dan mutu dapat dipertahankan sepanjang tahun. Suhu yang cocok untuk pertumbuhan tanaman terung berkisar antara 22°-30°C, dengan tingkat keasaman (pH) tanah antara 5-6[8].

Respon terhadap kekurangan air berbeda-beda tergantung pada spesies, usia tanaman, dan jumlah air dalam tanah, tetapi keduanya dapat menghambat metabolisme tanaman[9]. Kualitas tanah adalah kemampuan suatu lahan untuk memenuhi kebutuhan manusia dan ekosistem alami dalam jangka waktu yang lama. Ini mencerminkan kemampuan tanah untuk mempertahankan produktivitas dan menjaga ketersediaan air untuk proses produksi pertanian. Kualitas tanah dapat meningkat atau menurun sesuai dengan aktivitas pertanian[10].

Petani tanaman terung masih banyak yang belum memiliki pedoman yang tepat untuk menilai kualitas tanah pada lahan tanaman terung. Oleh karena itu, penulis berinovasi dengan membuat alat yang berjudul "Sistem Monitoring Kualitas Tanah pada Tanaman Terung Ungu Berbasis LoRa."Alat ini dirancang untuk memberikan informasi kondisi

tanah yang akurat dan terkini sehingga petani dapat membuat pilihan yang tepat untuk memaksimalkan hasil panen. Dengan teknologi LoRa, sistem ini mampu mengirimkan data dari sensor yang ditempatkan di berbagai titik lahan ke pusat pemantauan. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terung, serta mengurangi risiko kerugian akibat tanah yang kurang subur atau kondisi yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman.

LoRa merupakan teknologi nirkabel yang dikembangkan oleh Perusahaan Syclo LoRa termasuk salah satu teknologi iot nirkabel yang sedang berevolusi dan sangat populer dalam sistem tertanam karena teknologi ini dioperasikan dengan daya yang rendah dan dapat mengirimkan payload dan sebesar 51 byte dan 222 byte Lora memiliki frekuensi di atas 433 Mhz pada negara Eropa Sedangkan untuk negara Amerika Serikat menggunakan frekuensi 915 Mhz[11]. LoRa termasuk salah satu jaringan low power wide area yang memungkinkan sebuah perangkat memiliki energi yang kecilDapat didistribusikan ke dalam areayang luas sehingga menciptakan sebuah jaringan yang saling terkoneksi satu sama lain[12]. Teknologi LoRa memiliki kemampuan Pengiriman data hingga 10 km dengan kemampuan tersebut terhadap banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti smart city Smart home industri transportasi dan logistik[13].

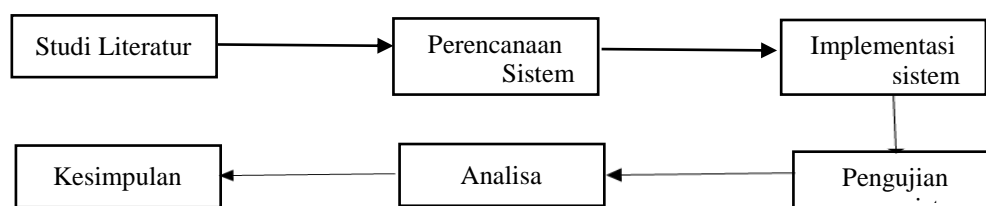
II. METODE

A. Metode Penelitian

Pada sistem monitoring tanah ini, dapat dicapai dengan teknik berikut:

1. Pengumpulan Informasi: Sensor-sensor yang dipasang di lahan akan mengukur berbagai parameter kualitas tanah seperti kelembaban, pH, suhu, dan kelembaban tanah . Sensor-sensor ini didesain dengan tingkat akurasi yang tinggi dan tahan terhadap kondisi lingkungan yang bervariasi, sehingga dapat terus beroperasi dengan optimal dalam jangka waktu yang lama.
2. Transmisi Data: Data yang dikumpulkan oleh sensor akan dikirimkan melalui jaringan LoRa ke pusat pemantauan. Teknologi LoRa ini dipilih karena kemampuannya untuk mengirimkan data dalam jarak yang jauh dengan konsumsi daya yang rendah, memungkinkan sensor untuk beroperasi secara efisien tanpa perlu sering-sering mengganti baterai atau melakukan perawatan intensif.
3. Pemrosesan Data: Data yang diterima di pusat pemantauan akan diproses dan dianalisis menggunakan algoritma tertentu untuk menentukan kondisi tanah secara real-time. Proses pemrosesan ini melibatkan penggunaan perangkat lunak yang canggih dan kemampuan komputasi yang tinggi untuk menjamin bahwa semua informasi yang disajikan sangat akurat dan dapat diandalkan, sehingga petani dapat segera mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan untuk menjaga kesehatan tanaman.
4. Tindak Lanjut: Berdasarkan informasi yang diperoleh dari sistem monitoring, petani dapat mengambil tindakan yang diperlukan seperti penyiraman, pemupukan, atau perbaikan tanah untuk memastikan tanaman terung tumbuh dengan optimal. Selain itu, sistem memiliki kemampuan untuk memberikan rekomendasi khusus berdasarkan analisis data historis dan tren kondisi tanah, sehingga petani dapat merencanakan strategi jangka panjang untuk meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan.

Dengan metode ini, sistem monitoring kualitas tanah diharapkan dapat membantu petani dalam mengelola lahan mereka secara lebih efisien dan efektif, mengurangi biaya produksi, serta meningkatkan hasil dan kualitas panen

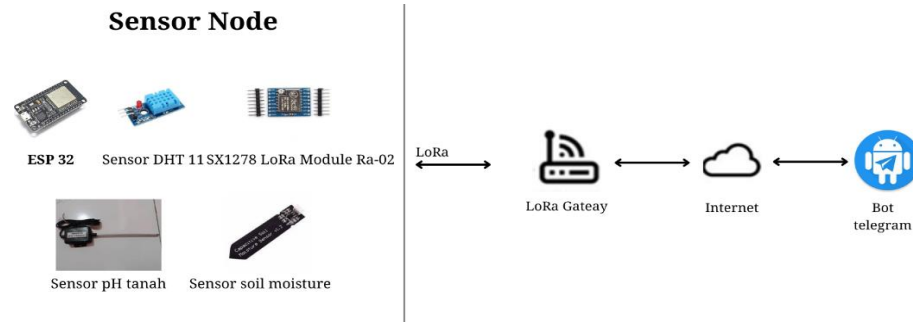


A. Studi Literatur

Pemahaman konsep, teori, dan teknik yang akan diterapkan akan dilakukan melalui studi literatur. dalam pembuatan sistem sebagai upaya peningkatan produktivitas lahan pertanian padi. Literatur yang akan digunakan berupa referensi internet, paper, ebook, artikel, dan jurnal.

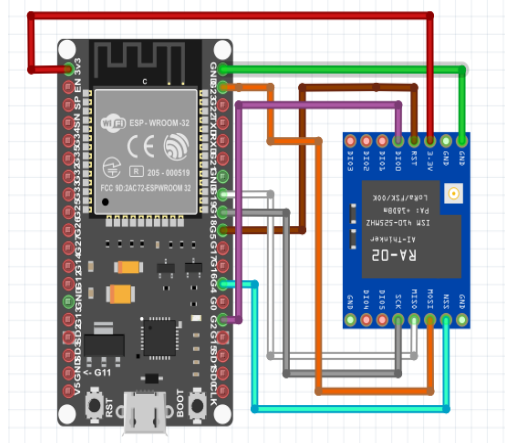
B. Perancangan sistem

Sistem Monitoring ini tersusun dari rancangan sensor node, gateway, dan power supply. Pada sensor node terdiri dari rangkaian ESP32, modul LoRa Node, Sensor DHT 22, sensor soil moisture dan sensor pH tanah. Parameter yang diambil berupa kelembaban tanah (%), suhu udara disekitar tanaman terung, dan tingkat kemasaman (pH) tanah. Data yang diperoleh akan ditampilkan pada sebuah Bot Telegram. Desain yang akan dibuat:



Gambar 1. Design System

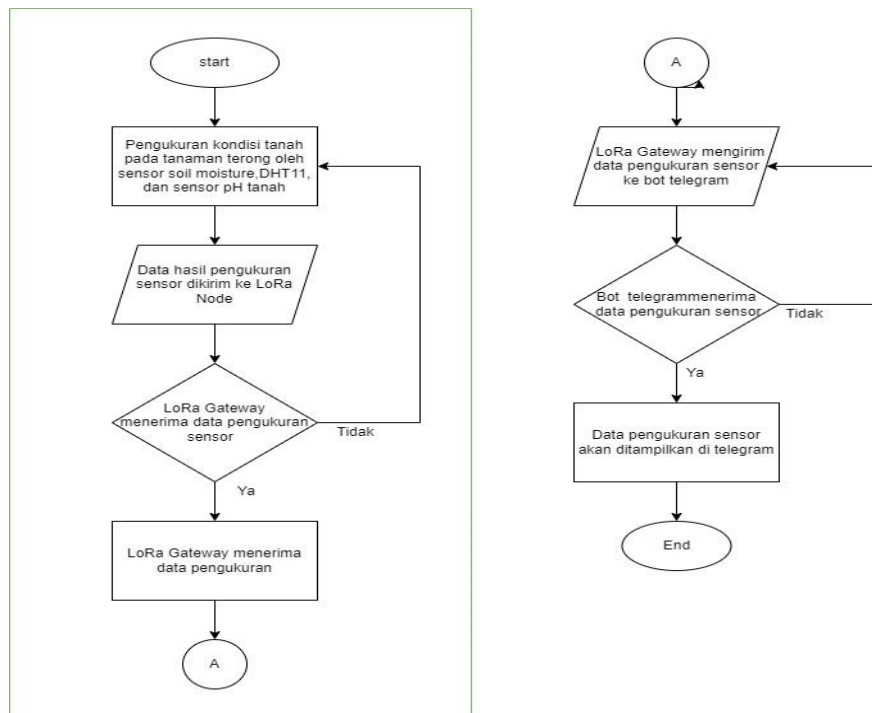
Prinsip operasi alat ini melibatkan penerimaan input dari sensor DHT 22 untuk mendeteksi tingkat kelembaban dan suhu udara disekitar tanaman terung, sensor pH tanah untuk mengukur tingkat kemasaman, sensor soil moisture mengukur kelembaban tanah. Setelah itu, data yang diterima oleh sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menghasilkan output data. Output data tersebut kemudian dikirimkan melalui teknologi LoRa ke Gateway. Gateway bertugas meneruskan data ke bot telegram, sehingga pengguna dapat memantau data melalui aplikasi Telegram.



Gambar 2. Rangkaian Receiver

Rangkaian receiver pada sistem monitoring berbasis LoRa adalah bagian dari perangkat yang bertanggung jawab untuk menerima dan memproses data sensor yang dikirimkan oleh perangkat transmitter atau sensor yang terhubung melalui teknologi LoRa, data dapat di monitoring melalui bot telegram. Rangkaian transmitter pada sistem monitoring berbasis LoRa adalah bagian dari perangkat yang bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari sensor DHT 22, sensor soil moisture, dan sensor pH tanah atau perangkat pemantauan dan mengirimkannya melalui jaringan LoRa ke perangkat penerima (gateway atau receiver).

A. Implementasi Sistem



Gambar 3. Flowchart Implementasi Sistem

Sistem akan memulai operasinya dengan sensor yang melakukan pemantauan kondisi tanah pada tanaman terong. Menggunakan data yang diperoleh dari sensor, sistem akan mengklasifikasikan hasil pengukuran, terutama terkait parameter nilai kelembaban tanah, suhu udara, dan tingkat kemasaman tanah (pH). Setelah pengukuran selesai, data akan dikirimkan ke LoRa node, yang kemudian mengirimkan data pengukuran ke gateway LoRa. Gateway LoRa akan mentransfer data ke bot telegram menggunakan API telegram, pengguna dapat memantau lewat aplikasi telegram.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahasa yang digunakan dalam pemrograman Arduino menggunakan bahasa C. Untuk membuat program dan menguploadnya ke mikrokontroler, Anda perlu menggunakan software Arduino IDE (Integrated Development Environment). Setelah perangkat keras dibangun, langkah selanjutnya adalah mengupload desain program ke modul ESP 32 dan dua modul LoRa system ini terdiri dari transmitter dan receiver.



Gambar 4. Pengujian alat transmitter pada tanaman terong

Pengujian alat sudah mencakup pengujian hardware dan software. Proses dimulai dengan meletakkan sensor kelembapan tanah, sensor pH tanah, dan sensor DHT22 di lokasi yang telah ditentukan di lahan tanaman terung. Setiap sensor dipasang dengan hati-hati agar dapat memberikan pengukuran yang akurat terhadap kondisi tanah dan udara sekitarnya. Sensor soil moisture dan sensor pH tanah ditanam langsung di tanah untuk memantau kondisi kelembaban dan tingkat keasaman tanah secara langsung. Sementara itu, sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu udara di sekitar area tanaman. Ketiga sensor ini bekerja secara simultan untuk mengumpulkan data yang diperlukan.

Data yang dikumpulkan oleh ketiga sensor tersebut kemudian dikirimkan ke ESP32 sebagai transmitter menggunakan teknologi LoRa. ESP32 dipilih karena kemampuannya dalam mengirimkan data dengan jarak jauh secara efisien menggunakan daya yang minimal. Penggunaan LoRa memungkinkan pengiriman data yang stabil dan handal. Setelah data dikirimkan ke ESP32, selanjutnya data tersebut ditransmisikan ke rangkaian receiver yang terhubung dengan pusat pemantauan. Proses ini memastikan bahwa semua informasi yang relevan tentang kelembaban tanah, pH tanah, dan suhu udara dapat diakses secara real-time



Gambar 5. (a)Alat receiver; (b) hasil pembacaan sensor

Rangkaian receivernya terdiri dari ESP32 dan modul LoRa SX1278. Setelah menerima data dari sensor soil moisture, sensor pH tanah, dan sensor DHT22, ESP32 menggunakan teknologi LoRa untuk mentransmisikan data tersebut ke bot Telegram. Bot Telegram akan diakses melalui smartphone, memungkinkan pengguna untuk memonitor hasil pembacaan sensor menggunakan aplikasi Telegram.

Berdasarkan hasil pembacaan sensor yang telah dilakukan, akan menghasilkan nilai sensor pH Tanah stabil pada angka 7,79. Angka ini menunjukkan tingkat keasaman tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman terung. Sensor Soil Moisture: Kondisi Tanah Kering: Rentang pembacaan dari 0% hingga 40%. Rentang ini menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi kering membutuhkan penyiraman untuk menjaga kelembaban optimal. Kondisi Tanah Lembab: Rentang pembacaan dari 40% hingga 60%. Rentang ini menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi lembab, yang merupakan kondisi ideal untuk pertumbuhan tanaman terung. Kondisi Tanah Basah: Rentang pembacaan dari 60% hingga 100%. Rentang ini menunjukkan bahwa tanah dalam kondisi basah, yang mungkin memerlukan penanganan khusus untuk mengurangi kelembaban berlebih yang bisa merugikan tanaman. Sensor DHT22 (Suhu dan Kelembaban Udara): Data suhu udara dan kelembaban udara dipengaruhi oleh waktu dan kondisi cuaca saat percobaan dilakukan.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Sensor

NO	Waktu	Pembacaan Sensor Soil Moisture			Pembacaan Sensor pH Tanah			Pembacaan Sensor DHT 22		
		Kelembaban %	Kondisi	Keterangan	pH Tanah	Kondisi	Keterangan	Suhu Udara	Kondisi	Keterangan
1	07-07-2024 16.42	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
2	07-07-2024 16.43	82	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
3	07-07-2024 16.44	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
4	07-07-2024 16.45	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
5	07-07-2024 16.46	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
6	07-07-2024 16.47	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
7	07-07-2024 16.48	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
8	07-07-2024 16.49	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
9	07-07-2024 16.50	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
10	07-07-2024 16.51	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
11	07-07-2024 16.52	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
12	07-07-2024 16.53	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
13	07-07-2024 16.54	81	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
14	07-07-2024 16.55	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
15	07-07-2024 16.56	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
16	07-07-2024 16.57	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
17	07-07-2024 16.58	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
18	07-07-2024 16.59	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
19	07-07-2024 17.00	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
20	07-07-2024 17.01	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai
21	07-07-2024 17.02	80	Basah	Sesuai	7.79	Netral	Sesuai	30°	sedang	Sesuai

Berdasarkan hasil dan analisis yang dilakukan, sistem monitoring kesuburan tanah pada tanaman terung menunjukkan bahwa sistem ini dapat digunakan untuk memonitoring pertanian, khususnya pada tanaman terung. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan informasi mengenai kelembaban tanah, tingkat keasaman tanah, dan kelembaban udara secara real-time, yang sangat penting bagi pengelolaan lahan pertanian. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa:

1. Kelembaban Tanah: Sistem dapat mendeteksi kondisi tanah yang terlalu kering atau terlalu basah. Jika kelembaban tanah terlalu kering (rentang 0-40%), maka diperlukan penyiraman untuk menjaga kondisi optimal bagi tanaman. Sebaliknya, jika kelembaban tanah terlalu basah (rentang 60-100%), perlu diperhatikan irigasi untuk mengurangi kelembaban berlebih dan mencegah kerusakan pada tanaman.
2. Keasaman Tanah (pH): Sistem menunjukkan bahwa pH tanah stabil pada angka 7,79. Jika keasaman tanah rendah (pH di bawah 7), maka perlu dilakukan pemberian kapur pertanian untuk meningkatkan pH tanah ke level yang lebih netral. Sebaliknya, jika keasaman tanah tinggi (pH di atas 7), juga perlu diberikan kapur pertanian untuk menurunkan pH ke level yang optimal bagi tanaman.
3. Kelembaban Udara: Data dari sensor DHT22 menunjukkan bahwa kelembaban udara dipengaruhi oleh waktu dan kondisi cuaca. Informasi ini penting untuk membantu petani dalam mengatur kondisi lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman.

Dengan hasil penelitian ini, sistem monitoring kesuburan tanah pada tanaman terung dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan produktivitas hasil panen para petani. Informasi yang akurat dan real-time mengenai kondisi tanah dan lingkungan memungkinkan petani untuk mengambil tindakan yang tepat dan cepat, seperti penyiraman, pemupukan, dan pengelolaan irigasi, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal dan hasil panen dapat ditingkatkan. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu petani dalam mengurangi risiko kerugian akibat kondisi tanah yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa hasil rancangan sistem pengawasan kesuburan tanah pada tanaman terung berbasis LoRa dengan menggunakan sensor soil moisture untuk mengukur kelembaban tanah, sensor pH tanah untuk mengukur kemasaman tanah, dan sensor DHT 22 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dapat dengan baik menjadi alat transmiter yang dapat mengirim data pembacaan sensor ke alat receiver yang mana akan diterima dan dikirim melalui bot telegram dan diakses melalui smart phone dengan software telegram. Jika kelembaban tanah pada kondisi kering nilai range yang ditampilkan sangat rendah dan sebaliknya jika dalam kondisi basah nilai range yang ditampilkan sangat tinggi, dengan minimum kelembaban tanah 0% - 40% dalam kondisi kering, 40%-60% dalam kondisi lembab, dan 60%-100% dalam kondisi basah. Pada kemasaman tanah pada kondisi masam Data pembacaan sensor dibawah 6 , jika nilai sensor 6-7,9 kondis tanah netral, dan pada kondisi tanah

basah nilai sensor diatas 7. Kondisi kelembaban udara jika semakin tinggi semakin bagus untuk tanaman dengan nilai 80% baik untuk pertumbuhan tanaman

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang telah membantu dan berkontribusi pada penelitian dan desain sistem pengawasan tanah untuk tanaman terong ungu berbasis LoRa. Kami berharap kerja sama ini dapat berlangsung terus dan harmonis. Kami ingin sekali lagi mengucapkan terima kasih kepada semua orang, dan semoga barokah buat semua pihak..

REFERENSI

- [1] Muzawi Rometdo, Nasution Mahadir, and Tashid, "Sistem Monitoring Ketersediaan Bahan Baku Cor Beton Menggunakan Metode Market Basket Analysis," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [2] corps Mercy, "DESIGN , MONITORING AND EVALUATION," no. March, 2003.
- [3] M. Rohayati, "Membangun Sistem Informasi Monitoring Data Inventory Di Vio Hotel Indonesia," *J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 1, no. ISSN 2089-9033, 2014.
- [4] Rachmat, "Rangkuman Sistem Kontrol & Monitoring." Accessed: Jul. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.smkalbana.sch.id/read/20/rangkuman-sistem-kontrol-monitoring-tkj-xii>
- [5] Agung, "Sistem Monitoring: Pengertian, Jenis, dan tujuan." Accessed: Jul. 20, 2024. [Online]. Available: <https://testindo.co.id/sistem-monitoring-system-pengertian/>
- [6] H. Sunarjono, *Bertanam 30 jenis sayuran, penebar swadaya*. Jakarta: penebar swadaya, 2016.
- [7] Badan Pusat Statistik, "Produksi Tanaman Sayuran Buah Semusim (Ton), 2014." Accessed: Jul. 20, 2024. [Online]. Available: <https://sumbar.bps.go.id/indicator/55/42/9/produksi-tanaman-sayuran-buahan-semusim.htm>
- [8] E. H. Bahar, Y. H., Andayani, A., & Suwarno *et al.*, "Standar Operasional Prosedur (SOP) Budidaya Terung," *Depertemen Pertanian Direktorat Hortikultura Direktorat Budidaya Tanaman Sayur dan Biofarmaka.*, Jakarta, p. 61, 2009.
- [9] R. H. Tumanggor, "Pemanfaatan dan Pengujian Sensor SHT 11 pada Kontrol Suhu dan Kelembapan di Ruang Workshop Scadatel di PLN (Persero) P3B Sumatera UPB Sumbagut Berbasis Mikrokontroler Atmega 8," 2017.
- [10] N. . Rosmarkam, A. dan Yuwono, *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta, 2002.
- [11] D. S. Andrei, M. L., Radio, L. A., & Tudose, "Measurement of node mobility for the LoRa protocol," 2017, doi: 10.1109/ROEDUNET.2017.8123763.
- [12] R. Zhou, Q., Zheng, K., Hou, L., Xing, J., & Xu, "Design and implementation of open lora for IOT," *IEEE Access*, 2019.
- [13] A. Lavric, "LoRa (Long-Range) High-Density Sensors for Internet of Things," vol. 4, pp. 1–9, 2019, doi: 10.1155/2019/3502987.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.