

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 26 No. 2 (2025): April
DOI: 10.21070/ijins.v26i2.2176

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

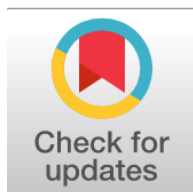
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact ^(*)



Save this article to Mendeley



^(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

LoRa Based Soil Quality Monitoring for Purple Eggplant Cultivation: Pemantauan Kualitas Tanah Berbasis LoRa untuk Budidaya Terong Ungu

Himawan Nugroho, shazana@umsida.ac.id (*)

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Shazana Dhiya Ayuni, shazana@umsida.ac.id

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

(*) Corresponding author

Abstract

General Background: Soil quality is a critical factor in agricultural production because soil moisture, pH, and environmental conditions influence plant growth and crop management. **Specific Background:** Recent technological developments have enabled the application of Internet of Things (IoT) systems and Long Range (LoRa) communication for remote agricultural monitoring. **Knowledge Gap:** Many purple eggplant farmers still lack practical guidance and real-time tools to assess soil conditions accurately, creating challenges in maintaining suitable growing environments. **Aims:** This study aims to develop a LoRa-based soil quality monitoring system for purple eggplant cultivation using soil moisture, soil pH, and DHT22 sensors integrated with ESP32 and Telegram-based monitoring. **Results:** The developed system successfully collected and transmitted soil and environmental data through LoRa communication to a receiver and Telegram platform. Sensor readings indicated stable soil pH values of 7.79 and soil moisture levels of 88.8, while environmental parameters were monitored in real time. **Novelty:** The study integrates multiple soil and environmental sensors with LoRa wireless communication and Telegram-based monitoring into a single system designed for purple eggplant cultivation. **Implications:** The system provides continuous information on soil and environmental conditions, supporting farmers in monitoring cultivation areas and reducing risks associated with unsuitable soil conditions while facilitating more informed agricultural management decisions.

Highlights:

- Real-time transmission of field measurements was achieved through long-range wireless communication.
- Integrated sensing captured acidity, moisture status, temperature, and humidity conditions simultaneously.
- Telegram-based access enabled remote observation of cultivation area parameters using smartphones.

Keywords: LoRa; Soil Quality Monitoring; Internet of Things; Purple Eggplant; Wireless Sensor Network

Published date: 2025-04-15

Pendahuluan

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 sempit serta jumlah lahan yang terbatas untuk digunakan (Badan Pusat Statistik, 2014, Produksi Tanaman Sayuran di Indonesia Periode 2003-2007)[7].

Tanaman terong 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 terong 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 terong masih banyak yang belum memiliki pedoman yang tepat untuk menilai kualitas tanah pada lahan tanaman terong. Oleh karena itu, penulis berinovasi dengan membuat alat yang berjudul "Sistem Monitoring Kualitas Tanah pada Tanaman Terong 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 terong, 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 kecil Dapat 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]. LoRa mampu menjangkau dan mengumpulkan data dari sensor dengan jarak jauh. Data yang sudah berada pada titik akhir dari perangkat akan melewati gateway[14]. LoRa ideal untuk aplikasi yang mengirimkan potongan data kecil dengan bit rate rendah. Data dapat dikirimkan pada jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan teknologi seperti WiFi, Bluetooth, atau ZigBee. Fitur-fitur ini membuat LoRa sangat cocok untuk sensor dan aktuator yang beroperasi dalam mode daya rendah[15].

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

Figure 1.

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.

Figure 2. Design System

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 seperti pada gambar 1.

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.

Figure 3. Rangkaian Receiver

Gambar 2 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).

C. Implementasi Sistem

Figure 4. 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 keasaman 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.

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.

Figure 5. Pengujian alat transmitter pada tanaman terong

A. Pengujian Alat

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 terong. 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.

Pada Gambar 5 menunjukkan 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

Figure 6. Alat receiver

Pada Gambar 6 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.

Figure 7. Hasil pembacaan sensor

Figure 8. Hasil Pembacaan Sensor

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.

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 kondisi 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 terung 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.

References

1. Muzawi, R., Nasution, M., & Tashid. (2019). Sistem Monitoring Ketersediaan Bahan Baku Cor Beton Menggunakan Metode Market Basket Analysis. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 1(1), 1-7.
2. Mercy Corps. (2003). *Design, Monitoring and Evaluation*. Mercy Corps.
3. Rohayati, M. (2014). Membangun Sistem Informasi Monitoring Data Inventory Di Vio Hotel Indonesia. *Jurnal Ilmiah Komputer Dan Informatika*, 1, 1-8.
4. Rachmat. (n.d.). *Rangkuman Sistem Kontrol & Monitoring*. SMK Albana. <https://www.smkalbana.sch.id/read/20/rangkuman-sistem-kontrol-monitoring-tkj-xii>
5. Agung. (n.d.). *Sistem Monitoring: Pengertian, Jenis, Dan Tujuan*. Testindo. <https://testindo.co.id/sistem-monitoring-system-pengertian/>
6. Sunarjono, H. (2016). *Bertanam 30 Jenis Sayuran*. Penebar Swadaya.
7. Badan Pusat Statistik. (2014). *Produksi Tanaman Sayuran Buah Semusim (Ton)*. <https://sumbar.bps.go.id/indicator/55/42/9/produksi-tanaman-sayuran-buahan-semusim.htm>
8. Bahar, E. H., Andayani, A., Suwarno, Y. H., et al. (2009). *Standar Operasional Prosedur (SOP) Budidaya Terung*. Direktorat Budidaya Tanaman Sayur dan Biofarmaka, Direktorat Hortikultura, Departemen Pertanian.
9. Tumanggor, R. H. (2017). *Pemanfaatan Dan Pengujian Sensor SHT11 Pada Kontrol Suhu Dan Kelembapan Di Ruang Workshop Scadatel Di PLN (Persero) P3B Sumatera UPB Sumbagut Berbasis Mikrokontroler ATmega8*.
10. Rosmarkam, A., & Yuwono, N. W. (2002). *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius.
11. Andrei, M. L., Radio, L. A., & Tudose, D. S. (2017). Measurement of Node Mobility for the LoRa Protocol. In *2017 16th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROEDUNET.2017.8123763>
12. Zhou, Q., Zheng, K., Hou, L., Xing, J., & Xu, R. (2019). Design and Implementation of Open LoRa for IoT. *IEEE Access*, 7, 100649-100657.
13. Lavric, A. (2019). LoRa (Long-Range) High-Density Sensors for Internet of Things. *Journal of Sensors*, 2019, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2019/3502987>
14. Nesr Lab Telkom University. (n.d.). *Apa Itu LoRa?* <https://nesr.labs.telkomuniversity.ac.id/apa-itu-lora/>
15. The Things Network. (n.d.). *What Is LoRaWAN?* <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>