

SKRIPSI

**SISTEM MONITORING KESUBURAN TANAH UNTUK
BUDIDAYA NILAM BERBASIS INTERNET OF THINGS
(IOT) MENGGUNAKAN PROTOKOL LORA**

*SOIL FERTILITY MONITORING SYSTEM FOR INTERNET
OF THINGS (IOT) BASED PATCHOULI CULTIVATION
USING LORA PROTOCOL*



Di susun Oleh:

HENDRI PRADANA MONTOYA

D0221055

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

2026

SKRIPSI

**SISTEM MONITORING KESUBURAN TANAH UNTUK
BUDIDAYA NILAM BERBASIS *INTERNET OF THINGS*
(IOT) MENGGUNAKAN PROTOKOL LORA**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Pendidikan Pada
Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat*



Di susun Oleh:

HENDRI PRADANA MONTOYA

D0221055

PROGRAM STUDI INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

2026

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Nilam
Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan Protokol
LoRa**

Diusulkan Oleh:

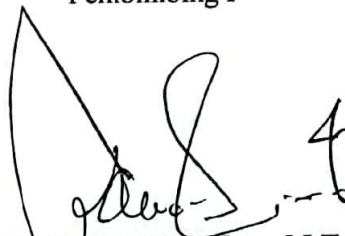
HENDRI PRADANA MONTOYA

D0221055

Telah Disetujui

Pada Tanggal 9 April 2026

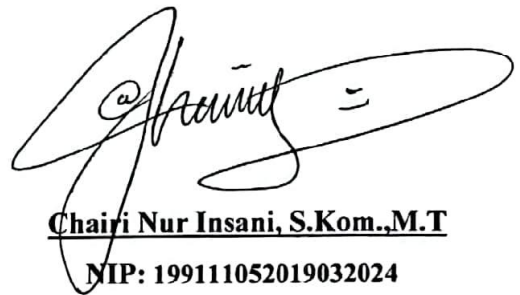
Pembimbing I



Farid Wajidi, S.Kom.,M.T

NIP: 198904182019031018

Pembimbing II



Chairi Nur Insani, S.Kom.,M.T

NIP: 199111052019032024

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Nilam Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Menggunakan Protokol LoRa

Telah Dipersiapkan Dan Disusun Oleh

HENDRI PRADANA MONTOYA

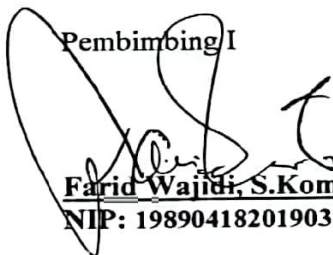
D0221055

Telah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji

Pada Tanggal 9 April 2026


Susunan Tim Penguji:

Pembimbing I



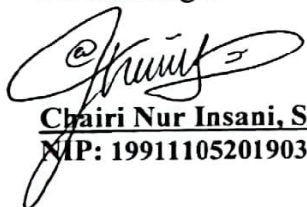
Farid Wajidi, S.Kom., M.T
NIP: 198904182019031018

Penguji I



Muh. Fahmi Rustan, S.Kom., M.T
NIP: 199112272019031010

Pembimbing II



Chairi Nur Insani, S.Kom., M.T
NIP: 199111052019032024

Penguji II



Muh Imam Quraisy S.Kom., M.Kom
NIDN: 00270192051

Penguji III



Nourman S Irfanto S.Kom., M.T.I
NIP: 199311222025061003

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING KESUBURAN TANAH UNTUK BUDIDAYA
NILAM BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN
PROTOKOL LORA**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

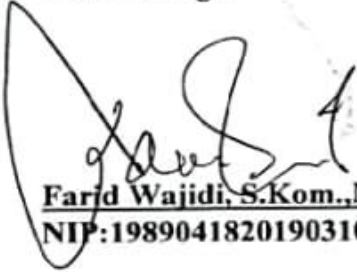
Disusun oleh:

HENDRI PRADANA MONTOYA

NIM: D0221055

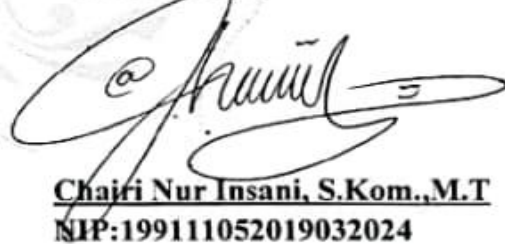
Telah disetujui oleh dosen pembimbing Skripsi
Pada Tanggal 9 April 2026

Pembimbing I




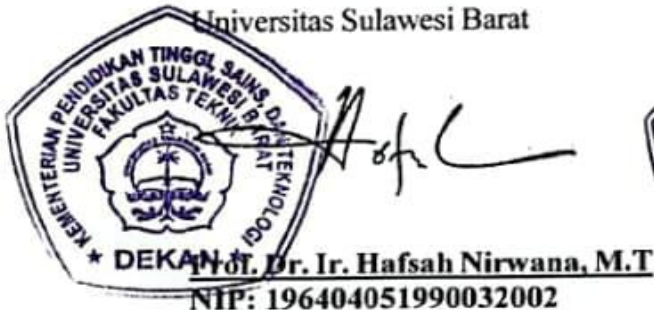
Farid Wajidi, S.Kom., M.T
NIP:198904182019031018

Pembimbing II



Chatri Nur Insani, S.Kom., M.T
NIP:199111052019032024

Dekan Fakultas Teknik,
Universitas Sulawesi Barat



Prof. Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP: 196404051990032002

Ketua Program Studi
Informatika,



Rully Rasvid, S. Kom., M.T
NIP:19880818202231006

MOTTO

“Allah memang tidak menjanjikan kehidupan akan selalu mudah, tapi dua kali Allah menyebutkan ‘*Fa inna ma ‘al-`usri yusroo, inna ma ‘al-`usri yusroo*’ ”

(*QS.Al-Insyirah:5-6*)

“Selama ibuku masih tersenyum, dunia masih kugenggam”

(*Hendri Pradana Montoya*)

“Masih banyak makanan enak yang harus dicoba, serial yang harus ditamatkan, dan tempat indah yang harus dikunjungi. Mungkin bagi kita hidup menyakitkan, tapi bagi orang-orang disekeliling kita akan lebih menyakitkan kalau kita ngak hidup. Seberat apapun keadaan, jangan menyerah ya.”

(*Fiersa Besari*)

“Selama masih hidup, kesempatan itu tidak terbatas”

(*Monkey D. Luffy*)

“Orang lain tidak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya sebagian *success stories*-nya saja. Jadi, berjuanglah untuk diri sendiri meskipun tidak akan ada yang tepuk tangan. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”

HALAMAN PERNYATAAN

PERNYATAAN

Dengan ini saya selaku peneliti menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat kata yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah di tulis atau di terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan di sebutkan dalam daftar pustaka.

Majene, 9 April 2026



HENDRI RRADANA MONTOYA
D0221055

ABSTRAK

Hendri Pradana Montoya : Sistem *Monitoring* Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Nilam Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan Protokol LoRa. (di bimbing oleh Farid Wajidi, S.Kom.,MT dan Chairi Nur Insani, S.Kom.,MT)

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kesuburan tanah untuk mendukung budidaya nilam secara efisien dan terukur. Sistem ini memanfaatkan teknologi internet of things (IoT) dengan integrasi beberapa sensor seperti sensor pH tanah, sensor DHT22, dan sensor soil moisture, Data dari sensor dilakukan melalui protokol LoRa (Long Range), yang memungkinkan pengiriman jarak jauh dengan pemakaian daya rendah dan sangat cocok untuk wilayah pertanian yang terpencil. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang meliputi perumusan masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, serta pengujian hingga diperoleh hasil yang sesuai. Pengujian kinerja mengevaluasi efektivitas LoRa (Long Range) dalam mengirim data sensor secara real-time ke LCD implementasi LoRa. Hasil menunjukkan bahwa semua data berhasil dikirim tanpa kendala, dengan dengan memantau kesuburan tanah dengan akurasi yang baik. Kemudian notifikasi akan diberikan ketika nilai pH atau kelembaban tanah berada diluar rentang kurang baik bagi pertumbuhan tanaman nilam. Kesimpulannya, sistem monitoring dan notifikasi berbasis IoT dan LoRa (Long Range) berhasil diimplementasikan. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi petani nilam guna meningkatkan budidaya yang menjadi sesuai harapan nantinya. Pengujian nantinya akan memastikan sistem berfungsi dengan sesuai serta membantu petani memantau kondisi lingkungan secara efisien dan responsif.

Kata kunci :*Internet of things (IoT), Protocol LoRa(Long Range), Budidaya Nilam, Monitoring tanaman.*

ABSTRAK

Hendri Pradana Montoya : *Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Nilam Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Protokol LoRa. (di bimbing oleh Farid Wajidi, S.Kom.,MT dan Chairi Nur Insani, S.Kom.,MT)*

This study aims to design and implement a soil fertility monitoring system to support patchouli cultivation efficiently and measurably. This system utilizes internet of things (IoT) technology with the integration of several sensors such as soil pH sensors, DHT22 sensors, and soil moisture sensors. Data from the sensors is carried out via the LoRa (Long Range) protocol, which allows long-distance delivery with low power consumption and is very suitable for remote agricultural areas. The research method used is Research and Development (R&D), which includes problem formulation, literature studies, needs analysis, system design, and testing until the appropriate results are obtained. Performance testing evaluates the effectiveness of LoRa (Long Range) in sending sensor data in real-time to the LoRa implementation LCD. The results show that all data was successfully sent without any problems, by monitoring soil fertility with good accuracy. Then a notification will be given when the pH value or soil moisture is outside the range that is not good for patchouli plant growth. In conclusion, the IoT and LoRa (Long Range) based monitoring and notification system has been successfully implemented. This system is expected to be a solution for patchouli farmers to improve cultivation that will be as expected later. Testing will ensure that the system functions properly and helps farmers monitor environmental conditions efficiently and responsively.

Keywords : *Internet of things (IoT), LoRa(Long Range) Protocol, Patchouli Cultivation, Plant Monitoring.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertanian sebagai satu diantara bidang lain yang memiliki peran cukup penting dalam mencukupi kebutuhan pokok pada manusia. Didalam bidang ini, tanah menjadi faktor yang sangat penting karena dapat menjadi penentu sukses atau tidaknya dalam produksi pertanian. Di setiap kawasan pertanian akan memiliki jenis tanah dan tingkat kesuburan berbeda-beda sesuai dengan kawasan masing-masing. (Desti Mualfah, Ganesa Heru Sandi and Evans Fuad, 2023). Pertanian, sebagai salah satu faktor utama dalam ekonomi banyak negara, sangat dipengaruhi oleh lingkungan tempat tanaman tumbuh. Faktor-faktor seperti suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, memiliki peran penting dalam menentukan kesehatan dan pertumbuhan tanaman. Pemantauan yang akurat dan *real time* menjadi kebutuhan mendesak bagi petani untuk mengambil tindakan pencegahan atau intervensi yang diperlukan (Noor *et al.*, 2024).

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar di bidang pertanian. Selain karena Indonesia memiliki sumber daya alam dan luas wilayah yang cukup besar, sektor pertanian merupakan salah satu sektor yang menjadi tumpuan hidup sebagian besar masyarakat dan tenaga kerja nasional (Vien, Hadary and Yurisinthae, 2023). Di Sulawesi Barat pertanian menjadi sektor utama dalam mendorong perekonomian hal ini disebabkan karena sebagian besar Kabupaten/Kota di Sulawesi Barat merupakan penghasil produk pertanian (Hasri, Zakaria and Arifin, 2020). Daerah Sulawesi Barat merupakan salah satu daerah penghasil kakao, kopi robusta, kopi arabika, kelapa, hingga cengkih (Purwanto, A. 2021). Namun sektor pertanian khususnya di Kabupaten Polewali Mandar masih belum memberikan dampak signifikan terhadap kesejahteraan petani. Beberapa indikasi yang menunjukkan hal ini adalah rendahnya produktivitas komoditas, keterbatasan jumlah dan kualitas sumber daya manusia (SDM) di bidang pertanian, serta kurangnya sarana dan prasarana pendukung. Selain itu, jaringan pasar yang

lemah menyebabkan nilai tambah dari komoditas pertanian sebagai produk utama masih rendah. Hal ini disebabkan oleh tidak tersedianya sarana dan prasarana yang memadai, serta adanya berbagai permasalahan terkait pengetahuan, keterampilan, dan perilaku petani yang belum memenuhi harapan (Yuswandi, Sjarlis and Djalante, 2023).

Di Negara agraris seperti Indonesia pertanian mempunyai kontribusi penting baik terhadap perekonomian maupun terhadap pemenuhan kebutuhan pokok masyarakat. Sebagian besar penduduknya hidup dari hasil bertani, sehingga pertanian merupakan sektor yang memegang peran terpenting dalam kesejahteraan kehidupan penduduk Indonesia. Kecamatan Tutar merupakan salah satu dari 16 kecamatan di Kabupaten Polewali Mandar yang merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi pertanian yang sangat baik, terutama untuk tanaman pangan. Salah satu produk pertanian tanaman pangan di Kecamatan Tutar yang berpotensi menjadi andalan adalah produk pertanian dalam bentuk produk pertanian antara lain nilam. Potensi sektor pertanian yang dimiliki oleh daerah Kecamatan Tutar Kabupaten Polewali Mandar sangat besar untuk memajukan daerah akan tetapi potensi yang dimiliki oleh daerah tersebut belum begitu terkelola dengan baik karena tidak tersedianya pemasaran di daerah tersebut serta usaha pemasaran dilaksanakan oleh masyarakat sendiri. (Kurniawan and Rustan, 2020).

Tanaman nilam adalah tanaman yang dapat tumbuh dengan baik pada daerah tropis dengan ketinggian 200-800 meter di atas permukaan laut yang memiliki suhu yang cukup hangat dan kualitas tanah yang baik, Kualitas tanah pada lahan pertanian dengan pH tanah ideal berada pada rentang 5,5 – 6,5. Tanah yang sesuai untuk tanaman nilam ialah tanah yang gembur serta dominan bahan organik, Parameter pH merupakan unsur hara yang lebih mudah larut dalam tanah. Selain itu unsur-unsur yang bersifat racun bagi tanaman dapat ditunjukkan dari tinggi rendahnya pH. Suhu dan kelembaban tanah yang baik juga dapat mempengaruhi pembentukan ruang pori tanah untuk mendapatkan sirkulasi udara yang baik dalam tanah. Nilam adalah tanaman yang dapat tumbuh dengan baik pada lahan dataran tinggi (mountain area), karena nilam secara teknis memerlukan lingkungan tumbuh

bersuhu dingin dan lembab dengan suhu optimum antara 22 - 28°C, penyinaran matahari 8 – 10 jam per hari dan curah hujan berkisar 600 mm – 700 mm per tahun.(Suhartawan, 2020).

Pertanian tradisional menghadapi berbagai tantangan seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya alam, dan meningkatnya kebutuhan pangan global (Muzhaffar, 2024). Salah satu faktor yang sering menyebabkan hasil pertanian tidak maksimal adalah iklim, perubahan iklim menjadi bagian penting dalam menentukan hasil pertanian. Perubahan iklim cuaca yang sulit diprediksi kapan datangnya seperti badai, angin kencang, dapat merusak tanaman secara fisik, sementara gelombang panas dapat menyebabkan *headstress* yang mematikan bagi beberapa jenis tanaman sehingga menyebabkan sulitnya tanaman dapat tumbuh dengan baik. (Sulaminingih *et al.*, 2024).

Tanaman nilam termasuk dalam famili Lamiaceae, memiliki akar serabut dan batang dengan diameter berkisar antara 10 hingga 20 mm. Dalam kurun waktu enam bulan, tanaman ini dapat mencapai tinggi satu meter dengan radius cabang sekitar 60 cm. Faktor genetik, metode budidaya, dan kondisi habitat mempengaruhi kandungan serta kualitas minyak yang dihasilkan. Nilam tumbuh optimal pada suhu 24 hingga 28 derajat Celsius dan tingkat kelembaban sekitar 75 persen. Sinar matahari memegang peran penting dalam menentukan kadar alkohol nilam. Minyak nilam merupakan salah satu komoditas ekspor bernilai tinggi dan diperoleh melalui proses distilasi daun, batang, dan cabang tanaman nilam. Minyak ini digunakan dalam berbagai industri, termasuk sabun, kosmetik, dan parfum (Rahmadina et al., 2020).

Salah satu teknologi informasi yang dapat membantu para petani dalam mengelola lahan pertanian adalah IoT (Internet of Things). Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep atau skenario dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer (Tambahani, Najoan and Rumagit, 2023). Terkadang para petani masih kurang baik dalam melakukan monitoring terhadap tanah mereka dikarenakan biasanya beberapa petani ada yang memiliki

lahan pertanian yang letaknya jauh ataupun juga mereka tidak tahu berapa pH dan kelembaban tanah mereka. Oleh karena itu diperlukannya sistem yang dapat melakukan monitoring supaya memudahkan petani serta memberikan efisien waktu tanpa harus setiap hari datang ke lahan pertanian untuk memonitoring. teknologi IoT dipilih karena sangat cocok untuk direalisasikan di bidang pertanian yang dapat mentransfer data lewat suatu jaringan khususnya internet.(Desti et al., 2023).

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi sudah hampir digunakan pada setiap bidang salah satunya di bidang pertanian. Di Indonesia yang merupakan negara agraris yang mempunyai sumber daya alam yang besar dan harus diolah secara maksimal, sektor pertanian, perhutanan dan perikanan persentasenya sebanyak 30.46% dengan jumlah penduduk sekitar 38,70 juta orang, Tanah merupakan salah satu faktor utama pada pertanian harus diperhatikan sebaik mungkin agar memberikan hasil sesuai dengan yang diharapkan. Salah satunya dengan memanfaatkan Sistem Monitoring jarak jauh (Gustiyana et all, 2019).

LoRa merupakan teknologi nirkabel berdaya rendah dengan rentang komunikasi jauh. LoRa menggunakan modulasi ChirpSpread-Spectrum (CSS) untuk mempertahankan karakteristik daya rendah untuk kepentingan meningkatkan jangkauan komunikasi. CSS telah digunakan dalam komunikasi jarak jauh oleh militer dan badan antariksa karena kemampuannya untuk menahan gangguan Teknologi ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan jenis komunikasi lainnya seperti seluler, bluetooth, maupun WIFI. LoRa memiliki keuntungan yaitu jangkauan komunikasi yang jauh seperti seluler namun berdaya rendah seperti bluetooth, sehingga penggunaanya sangat cocok untuk perangkat sensor yang dioperasikan tahunan dengan sumber daya baterai dan pada cakupan area yang luas(Yanziah et al., 2020). *Long Range (LoRa)* dianggap dapat mengatasi kebutuhan IoT tersebut. *LoRa* merupakan modul komunikasi nirkabel yang mengkonsumsi daya listrik rendah dan memiliki jangkauan yang luas. Rata-rata daya yang diperlukan *LoRa* dalam mengirimkan data adalah sebesar 0,125Watt/hour, *LoRa* memiliki cakupan berkomunikasi sebesar 2-5 km di area

urban dan 15 km di area sub urban. *LoRa* berjalan pada spectrum jaringan *wireless* (nirkabel) yang bersifat *lisence-free*. Teknologi Long Range (LoRa) juga menggunakan daya yang rendah 0.2 uA sampai dengan 120 mA dimana pada penggunaan jaringan yang lainnya daya yang dipakai lebih besar. Untuk jaringan Long Range (LoRa) jangkauannya lebih luas mencapai 15 kilometer. Informasi pada teknologi ini dapat diakses melalui platform Internet of Things (IoT) bersifat real time. Dibandingkan dengan *MQTT* memiliki keunggulan signifikan. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan penelitian tentang “Perancangan Dan Penerapan *END DEVICE* Sebagai Sistem Tracking Menggunakan Komunikasi LONG RANGE (LORA) Dengan Membandingkan Protokol *MQTT* Dan *MODBUS*” hasil dari penelitian ini adalah Komunikasi *Wireless Long Range (LoRa)* ini memiliki kemudahan untuk terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) dengan jarak akses mencapai 15 kilometer di area urban atau area perkotaan. Bedanya dengan penelitian yang akan dikembangkan ialah dilakukannya secara offline dikarenakan lokasi pada penelitian ini termasuk area sub urban yaitu area pinggiran atau pedesaan yang tidak memungkinkan adanya jaringan atau sinyal.

Oleh karena itu, peneliti akan merancang sebuah “**Sistem Monitoring Kesuburan Tanah Untuk Budidaya Nilam Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Protokol LoRa**” tujuannya agar petani dapat memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan secara *real time*, berupa suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, dan pH tanah. Informasi ini akan diterima oleh pengguna melalui tampilan display berupa *Lcd* model *CRT*. Sistem ini tidak hanya menampilkan data-data, tetapi juga memberikan peringatan kepada pemilik apabila kondisi tanah tidak normal. Apabila suhu, kelembaban udara, kelembaban tanah, ph tanah berada pada batas yang telah di tentukan maka sistem akan mengirimkan sebuah peringatan kepada pemilik tanaman agar pemilik dapat segera mengambil tindakan yang tepat untuk mengatasi masalah tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana hasil implementasi protokol LoRa dalam transfer data pada sistem monitoring kesuburan tanah untuk budidaya nilam berbasis Internet of Things (IoT) ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan sistem monitoring kesuburan tanah untuk budidaya nilam menggunakan sensor suhu, kelembaban udara, sensor kelembaban tanah, dan sensor pH tanah. Pengiriman data ke sistem akan menggunakan protokol LoRa, sehingga petani dapat memperoleh informasi real-time yang akurat mengenai kesuburan tanah.

1.4. Batasan Masalah

Pada penelitian ini di batasi pada hal – hal sebagai berikut :

- a. Penelitian ini mencakup pembuatan sistem kontrol dan monitoring kesuburan tanah berbasis Internet of Things (IoT) pada tanaman nilam.
- b. Perangkat lunak untuk memonitoring kesuburan dari parameter suhu dan pH tanah melalui tampilan display LCD.
- c. Objek tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman nilam.
- d. Implementasi sistem akan di uji coba pada *prototipe smart greenhouse*.

1.5. Manfaat Penelitian

- a. Untuk diri pribadi, penelitian ini memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan teknis dan pemahaman tentang bidang internet of things (IoT) dan sistem monitoring. Dengan merancang dan mengimplementasikan sistem ini, peneliti dapat memperkuat pengetahuan di bidang pemrograman, analisis data, dan penggunaan sensor, yang merupakan kompetensi penting di era teknologi saat ini.
- b. Untuk masyarakat, implementasi sistem monitoring ini akan memberikan manfaat langsung kepada masyarakat khususnya bagi petani, untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan tanaman. Dengan

informasi real-time mengenai kondisi lingkungan, petani dapat mengambil keputusan yang baik dan cepat dalam perawatan tanaman, sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan hasil panen.

- c. Untuk pendidikan, penelitian ini dapat menjadi sumber referensi dan studi kasus bagi institusi pendidikan, khususnya dalam kurikulum yang berkaitan dengan teknologi pertanian. Selain itu penelitian ini dapat memotivasi mahasiswa untuk mengeksplorasi inovasi dan teknologi baru dalam bidang pertanian, serta mendorong pengembangan proyek-proyek serupa dibidang lingkungan akademis.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem berjudul “Sistem Monitoring Kesuburan Tanah untuk Budidaya Nilam Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Protokol LoRa”, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Perangkat mampu membaca parameter kesuburan tanah berupa pH tanah, suhu, dan kelembapan tanah secara real-time menggunakan sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler.

Penggunaan protokol LoRa sebagai media komunikasi terbukti mampu mengirimkan data pada jarak tertentu tanpa bergantung pada jaringan internet atau sinyal seluler, sehingga sistem dapat diterapkan pada lokasi perkebunan nilam yang berada di daerah minim atau tanpa sinyal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi LoRa tetap stabil baik pada kondisi Line of Sight (LoS) maupun Non-Line of Sight (N-LoS), meskipun kualitas sinyal mengalami penurunan pada kondisi N-LoS.

Data hasil pembacaan sensor berhasil ditampilkan dalam bentuk notifikasi pada layar display di sisi penerima, sehingga petani dapat memantau kondisi kesuburan tanah secara langsung tanpa memerlukan aplikasi berbasis internet. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu petani dalam melakukan pemantauan kondisi tanah secara lebih efisien, cepat, dan praktis, serta berpotensi meningkatkan kualitas budidaya tanaman nilam di wilayah terpencil.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya.

1. Sistem monitoring ini dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur penyimpanan data (data logging) berbasis kartu memori atau integrasi ke server ketika tersedia jaringan, sehingga data historis kondisi tanah dapat dianalisis untuk mendukung pengambilan keputusan jangka panjang.
2. Pengujian sistem dapat dilakukan pada jarak yang lebih jauh serta pada berbagai kondisi lingkungan yang berbeda untuk mengetahui performa protokol LoRa secara lebih komprehensif, khususnya pada kondisi Non-Line of Sight (N-LoS).
3. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur kontrol otomatis, seperti sistem penyiraman otomatis berbasis nilai ambang kelembapan tanah, sehingga tidak hanya melakukan monitoring tetapi juga pengendalian.

Dengan adanya pengembangan lebih lanjut, sistem monitoring kesuburan tanah berbasis IoT menggunakan protokol LoRa ini diharapkan dapat diterapkan secara lebih luas pada lahan budidaya nilam maupun komoditas pertanian lainnya, khususnya di wilayah terpencil yang belum terjangkau jaringan internet.

DAFTAR PUSTAKA

- Barat, U. S. (2023). *Universitas Sulawesi Barat Accepted: 15. 8(1), 27–36.*
- Antonius. (2022). Sistem Monitoring Rumah Kaca Budidaya Pembibitan Tanaman Nilam Berbasis IoT dan Database Realtime. Kualitatif.
- Budiman, A. et al. (2022). Sistem Monitoring Suhu, Kelembaban Udara Dan pH Tanah Berbasis *Internet Of Things* Menggunakan Komunikasi LoRa Di Smart Green House Duren Tiga. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak, 3(1), 193-201.*
- Deliana, W.(2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah pada Tanaman Karet Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro,12(1),1-6.*
- Desti Mualfah, Ganesa Heru Sandi, & Evans Fuad. (2023). Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis Tanaman Cabai Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, 12(2), 95-100.*
- Effendi, T., & Puspitaningrum, I. S. (2021). Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Pertanian Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 10(2), 112-119.*
- Fajar, F. (2020). Perancangan Dan Penerapan END DEVICE Sebagai Sistem Tracking Menggunakan Komunikasi LONG RANGE (LORA) Dengan Membandingkan Protokol MQTT Dan MODBUS. *Jurnal Ilmiah Komputer, 11(1), 1-8.*
- Fathurrohman, F. et al. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Otomatis untuk Tanaman Nilam Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa Teknik Elektro, 13(1), 55-62.*
- Fitri, R. (2023). Analisis Potensi Ekspor Minyak Nilam Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis, 14(2), 123-130.*
- Hasri, H., Zakaria, J., & Arifin, S. (2020). Peningkatan Produktivitas Pertanian di Sulawesi Barat. *Jurnal Ekonomi Pertanian, 9(1), 45-52.*
- Hudhoifah, I., & Mulyana, N. (2024). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban pada Peternakan Ayam Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa dan*

- Teknologi*, 13(1), 45-52.
- Ilmi, F. I. et al. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis LoRa. *Jurnal Informatika*, 12(2), 101-108.
- Iman, S. M. et al. (2024). Sistem Otomatisasi Irigasi Berbasis IoT dengan Relay. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 11(1), 55-62.
- Isnaini, I. et al. (2022). Karakteristik dan Budidaya Tanaman Nilam di Indonesia. *Jurnal Agronomi*, 11(2), 90-97.
- Jonshon Tarigan et al. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Udara pada Budidaya Jamur Tiram. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 12(1), 10-17.
- Junaidi, J., & Ramadhani, R. (2024). Penerapan IoT dalam Pertanian Modern. *Jurnal Teknologi*, 13(1), 1-8.
- Kimia, F. T. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(2), 89-96.
- Kurniawan, A., & Rustan, A. (2020). Analisis Potensi Pertanian Kecamatan Tutar Kabupaten Polewali Mandar. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 9(2), 121-128.
- Muzhaffar, M. (2024). Tantangan Pertanian di Era Perubahan Iklim Global. *Jurnal Pertanian*, 13(1), 1-8.
- Noor et al. (2024). Pemantauan Lingkungan Pertanian Berbasis Sensor. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 13(2), 78-85.
- Pokhrel, P. R. (2024). LoRaWAN: Teknologi Nirkabel Jarak Jauh. *Jurnal Ilmiah Komputer*, 13(1), 1-8.
- Priya Surya Harijanto, Masramdhani Saputra, & Oky Achmad E. (2023). Sistem Monitoring Kelembaban Tanah pada Tanaman Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 12(2), 90-97.
- Purwanto, A. (2021). Potensi Komoditas Pertanian di Sulawesi Barat. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 10(2), 150-157.
- Putra, A. A. et al. (2022). Prospek Budidaya Tanaman Nilam di Indonesia. *Jurnal Agronomi*, 11(1), 45-52.

- Rahmadina, R. et al. (2020). Pemanfaatan Minyak Nilam dalam Industri Kosmetik. *Jurnal Teknologi Industri*, 9(1), 21-28.
- Rahman, M. A., & Sari, N. (2022). Pemanfaatan Sistem Monitoring Otomatis pada Budidaya Tanaman. *Jurnal Pertanian*, 11(2), 112-119.
- Ristian, W., Ruslianto, Y., & Sari, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Kelembaban pada Greenhouse Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 11(2), 88-95.
- Sasmoko, S. (2020). Pengenalan Internet of Things dan Aplikasinya. *Jurnal Teknologi Informasi*, 9(1), 1-8.
- Shafiyullah, M., & Thoriq, A. (2021). Perancangan Alat Ukur pH Tanah Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 10(2), 101-108.
- Suga, A., & Nurwarsito, H. (2021). Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatisasi Pertanian Menggunakan LoRa. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 10(1), 1-8.
- Sulaminingih et al. (2024). Dampak Perubahan Iklim terhadap Pertanian. *Jurnal Pertanian dan Lingkungan*, 13(1), 1-8.
- Susanto, B. et al. (2022). Implementasi Internet of Things pada Sistem Smart Home. *Jurnal Teknologi Informasi*, 11(1), 1-8.
- Susilo, B. et al. (2023). Komunikasi Nirkabel LoRa untuk Aplikasi IoT. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 12(1), 1-8.
- Vien, S., Hadary, H., & Yurisinthae, E. (2023). Peran Sektor Pertanian dalam Perekonomian Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 12(1), 45-52.
- Vinola, S., & Rakhman, A. (2020). Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu dan Kelembaban pada Budidaya Jamur. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 9(2), 89-96.
- Yanziah, S. et al. (2020). Implementasi LoRa untuk Sistem Monitoring Jarak Jauh. *Jurnal Ilmiah Komputer*, 10(1), 1-8.
- Zoelkarnain, A., & Armando, A. (2023). Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah pada Tanaman Berbasis IoT. *Jurnal Rekayasa Teknik Elektro*, 12(2), 95-100.