

SKRIPSI

SISTEM MONITORING PERKEMBANGAN BIBIT CABAI BERBASIS IOT DENGAN INTEGRASI LORA DAN PLTS



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Komang Hari Januari

NIM. 2115344008

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem monitoring yang dapat membantu petani dalam memantau pertumbuhan bibit cabai pada jarak jauh secara otomatis dan real-time. Sistem ini mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) dengan mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, LDR, dan JSN-SR04T untuk memantau suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan tinggi bibit cabai. Kamera ESP32-CAM ditambahkan untuk pemantauan visual kondisi bibit. Data sensor dikirim melalui komunikasi LoRa SX1278 Ra-02 ke Firebase Realtime Database, lalu ditampilkan dalam aplikasi berbasis web. Sistem menggunakan sumber daya mandiri dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan panel 30 Wp dan baterai 12V 20Ah.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi stabil dan akurat dengan tingkat akurasi sensor DHT22 sebesar 99,44%, JSN-SR04T sebesar 98,17 %, dan LDR sebesar 99,74%. Komunikasi LoRa mampu mentransmisikan data dan gambar hingga 70 meter secara andal, meskipun performa menurun pada kondisi dengan banyak penghalang. Sistem terbukti efektif dalam mendukung pertumbuhan bibit cabai merah besar, dengan hasil tinggi tanaman melebihi standar ideal. Namun, pada bibit paprika, pertumbuhan kurang optimal karena kebutuhan fisiologis khusus seperti asupan nutrisi yang tidak ditangani oleh sistem ini. Selain itu, sistem ini juga terbukti efisien dalam mengurangi waktu dan tenaga petani dalam melakukan perawatan harian seperti penyiraman dan pemantauan, sehingga mendukung pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan.

Kata Kunci: IoT, LoRa, PLTS, Bibit Cabai, Monitoring Otomatis.

ABSTRACT

This study aims to design and develop an automated monitoring system to assist farmers in remotely and in real-time monitoring the growth of chili seedlings. The system integrates Internet of Things (IoT) technology using an ESP32 microcontroller equipped with DHT22, LDR, and JSN-SR04T sensors to measure environmental parameters such as temperature, humidity, light intensity, and plant height. An ESP32-CAM module is added for visual monitoring of the seedlings. Sensor data is transmitted via LoRa SX1278 Ra-02 communication to Firebase Realtime Database and displayed through a web-based application. The system is powered independently by a 30 Wp solar panel and a 12V 20Ah battery.

Testing results show that the system operates reliably and with high accuracy: 99.44% for the DHT22 sensor; 98.17% for the JSN-SR04T sensor; and 99.74% for the LDR. LoRa communication is effective up to 70 meters for data and image transmission, although signal quality may degrade under obstructed conditions. The system has proven effective in supporting the growth of large red chili seedlings, with plant heights consistently exceeding ideal standards. However, growth of paprika seedlings was less optimal, likely due to physiological needs such as nutrient supplementation that are not addressed by this system. Furthermore, the system improves efficiency by reducing manual labor in tasks such as irrigation and monitoring, thus supporting smarter and more sustainable agricultural practices.

Keywords: *IoT, LoRa, Solar Energy, Chili Seedlings, Automatic Monitoring.*

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Sistem Monitoring Perkembangan Bibit Cabai berbasis IoT Dengan Integrasi LoRa Dan PLTS”. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan studi akhir Program Pendidikan Diploma 4 Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali. Dalam penulisan proposal skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. Kadek Amerta Yasa, ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali sekaligus Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat luar biasa dalam penyusunan Skripsi.
4. Bapak Ida Bagus Irawan Purnama, S.T., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi
5. Seluruh jajaran Dosen Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali yang telah mendidik dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama mengikuti kegiatan perkuliahan.
6. Kedua orang tua, keluarga dan teman-teman yang memberikan semangat dan membantu secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bukit Jimbaran, 23 Juli 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Sebelumnya	5
2.2. Landasan Teori.....	6
2.2.1. Cabai	6
2.2.2. Mikrokontroler	10
2.2.3. ESP32 Devkit V1	11
2.2.4. ESP32 CAM	13
2.2.5. LoRa.....	14
2.2.6. SX-1278 Ra-02	15
2.2.7. DHT22	16
2.2.8. JSN-SR04T	17
2.2.9. LDR (light-dependent-resistor).....	18
2.2.10. Modul Relay	19
2.2.11. Database	19
2.2.12. Firebase	19
2.2.13. Internet of Things	20
2.2.14. <i>Solar Panel</i> (Panel Surya).....	21

2.2.15. Solar Charge Controller (SCC)	22
2.2.16. Aki.....	22
2.2.17. Stepdown 12V to 5V	23
2.2.18. Motor Servo	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1. Rancangan Sistem	25
3.1.1. Rancangan Hardware.....	25
3.1.2. Rancangan prototype	36
3.1.3. Rancangan Software	40
3.2. Pembuatan Alat	45
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat.....	45
3.2.2. Alat Dan Bahan	47
3.3. Hasil Penelitian	48
3.4. Hasil Yang Diharapkan.....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	54
4.1. Hasil Implementasi Sistem.....	54
4.1.1. Implementasi Hardware.....	55
4.1.2. Implementasi Prototype.....	58
4.1.3. Implementasi Software	60
4.2. Hasil Pengujian	65
4.2.1. Pengujian Sistem	65
4.2.2. Pengujian Parameter-parameter yang diamati.....	67
4.3. Hasil Analisa	74
4.3.1. Implementasi Sistem	74
4.3.2. Kinerja LoRa	74
4.3.3. Hasil pengujian Sensor	74
4.3.4. Pertumbuhan bibit	74
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1. Kesimpulan	76
5.2. Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Bibit Cabai Merah Besar.....	xi
Gambar 2. 2. Bibit Paprika	9
Gambar 2. 3. Diagram Mikrokontroler.....	10
Gambar 2. 4. ESP32 Devkit V1 Datasheet	11
Gambar 2. 5. ESP32 CAM Datasheet.....	13
Gambar 2. 6. Sistem Komunikasi Long Range (LoRa).....	14
Gambar 2. 7. LoRa SX-1278 Ra-0	15
Gambar 2. 8. Pin DHT22	16
Gambar 2. 9. JSN-SR04T	17
Gambar 2. 10. Prinsip kerja JSN-SR04T	17
Gambar 2. 11. Struktur/konstruksi komponen LDR.....	18
Gambar 2. 12. Modul Relay.....	19
Gambar 2. 13. Sistem Firebase	19
Gambar 2. 14. Internet of Things.....	20
Gambar 2. 15. Prinsip Kerja Panel Surya	21
Gambar 2. 16. Skema pemasangan SCC	22
Gambar 2. 17. Konstruksi aki	22
Gambar 2. 18. Stepdown.....	23
Gambar 2. 19. Motor Servo	24
Gambar 3. 1. Block Diagram	30
Gambar 3. 2. Wiring diagram perancangan perangkat Utama.....	30
Gambar 3. 3. Wiring diagram Modul ESP32 CAM perangkat Utama	32
Gambar 3. 4. Wiring diagram perancangan perangkat penghubung.....	33
Gambar 3. 5. Flowchart Sistem Kerja Alat.....	34
Gambar 3. 6. Tampak depan desain rancangan prototipe	37
Gambar 3. 7. Tampak belakang desain rancangan prototipe	38
Gambar 3. 8. Tampak kiri desain rancangan prototipe	38
Gambar 3. 9. Tampak samping kanan desain rancangan prototipe.....	39
Gambar 3. 10.. Tampak atas desain rancangan prototipe	39
Gambar 3. 11. Ukuran desain rancangan prototipe.....	40
Gambar 3. 12. Table spreadsheet	41
Gambar 3. 13. Firebase Firestore untuk koleksi User.....	41

Gambar 3. 14. Firebase firestore untuk koleki data	42
Gambar 3. 15. Rancangan tampilan screen 1	43
Gambar 3. 16. Rancangan tampilan screen 2	44
Gambar 3. 17. Rancangan tampilan screen 3	44
Gambar 3. 18. Flowchart Aplikasi	45
Gambar 3. 19. Flowchart pembuatan alat	46
Gambar 4. 1 Panel box sistem utama	56
Gambar 4. 2. Panel box sistem utama (bagian tutup)	56
Gambar 4. 3. Sistem penghubung	57
Gambar 4. 4. Box LoRa Sistem ESP32 CAM	58
Gambar 4. 5. ESP32 CAM	58
Gambar 4. 6. Tampak belakang prototipe	59
Gambar 4. 7. Tampak samping prototipe	60
Gambar 4. 8. Tampak depan prototipe	60
Gambar 4. 9. Database pada Spreadsheet.	61
Gambar 4. 10. Database realtime pada Firebase	62
Gambar 4. 11. Database storage pada Firebase.	62
Gambar 4. 12. Tampilan homepage	63
Gambar 4. 13. Tampilan splash screen	63
Gambar 4. 14. Tampilan login page	64
Gambar 4. 15. tampilan register page	64
Gambar 4. 16. Tampilan pilihan bibit	64
Gambar 4. 17. Tampilan histori data	64
Gambar 4. 18. Tampilan website	65
Gambar 4. 19. Letak geografis Desa Seraya	65
Gambar 4. 20. Jarak Pengujian LoRa	66
Gambar 4. 21. Jarak sistem penghubung dengan sistem utama	66
Gambar 4. 22. Gambar bibit dari tangkapan kamera ESP32 CAM	67
Gambar 4. 23. Gambar tray dari tangkapan kamera ESP32 CAM	67
Gambar 4. 24. Bibit Umur 30 hari	73
Gambar 4. 25. Bibit umur 24 hari	73
Gambar 4. 26. Bibit umur 17 hari	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Klasifikasi tanaman cabai	6
Tabel 2. 2. Perkembangan tinggi bibit cabai merah besar	9
Tabel 2. 3. Perkembangan tinggi bibit Paprika	10
Tabel 2. 4. ESP32 DevKit V1 Pin dan Fungsi	11
Tabel 2. 5. ESP32 CAM Pin dan Fungsi	13
Tabel 2. 6. Lora SX1278 Ra-02 Pin dan fungsinya	15
Tabel 3. 2. Tabel Tegangan, Arus dan Daya Komponen	27
Tabel 3. 3. Konsumsi Energi Harian Komponen	28
Tabel 3. 4. Kapasitas Baterai Backup	29
Tabel 3. 5. Inisialisasi pin komponen pada pin ESP32 DevKit V1 untuk perangkat Utama	31
Tabel 3. 6. Inisialisasi pin komponen pada pin ESP32 CAM	32
Tabel 3. 7. Inisialisasi pin komponen pada pin ESP32 DevKit V1 untuk perangkat penghubung	33
Tabel 3. 8. Alat-alat yang digunakan	47
Tabel 3. 9. Komponen yang digunakan	47
Tabel 3. 10. Modul yang digunakan	48
Tabel 3. 11. Bahan yang digunakan	48
Tabel 3. 12. Software yang digunakan	48
Tabel 3. 13. Pengujian Sinyal LoRa SX1278	49
Tabel 3. 14. Hasil pengukuran sensor DHT22 dan Termometer	49
Tabel 3. 15. Hasil pengukuran sensor JSN SR04T dan Pita Ukur	50
Tabel 3. 16. Hasil pengukuran sensor LDR dan Lux meter	51
Tabel 3. 17. Hasil Pengujian Keseluruhan sistem untuk bibit cabai merah besar	51
Tabel 3. 18. Hasil Pengujian Keseluruhan sistem untuk bibit Paprika	52
Tabel 4. 1. Hasil pengujian Sinyal LoRa SX1278	66
Tabel 4. 2. Data hasil pengukuran sensor DHT22 dan Termometer	68
Tabel 4. 3. Data hasil pengukuran sensor JSN SR04T dan Pita Ukur	69
Tabel 4. 4. Data hasil pengukuran sensor LDR dan Lux meter	70
Tabel 4. 5. Data hasil pengujian keseluruhan sistem untuk bibit cabai merah besar	71

Tabel 4. 6. Data hasil pengujian keseluruhan sistem untuk bibit Paprika.....	71
Tabel 4. 7. Data hasil Perbandingan tinggi Bibit cabai merah besar	72
Tabel 4. 8. Data hasil perbandingan tinggi Bibit paprika	72

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cabai atau *Capsicum sp.* merupakan tumbuhan dari suku solanaceae yang berasal dari benua Amerika. Cabai memiliki berbagai macam jenis, namun yang paling sering ditemui di Indonesia adalah cabai merah besar, cabai merah keriting, cabai rawit dan paprika. Cabai memiliki rasa pedas dikarenakan ada kandungan capsaicinnya. Capsaicin adalah zat bioaktif pada cabai yang menimbulkan rasa pedas dan panas[1]. Cabai merupakan salah satu sayuran yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Cabai sering dikonsumsi secara langsung maupun diolah menjadi bahan tambahan dan penyedap untuk meningkatkan cita rasa makanan. Cabai juga banyak digunakan sebagai bahan baku industri makanan seperti saus, bubuk cabai, penyedap serta industri farmasi[2]. Menurut data dari Badan Pusat Statistik tentang produksi tanaman sayuran di Indonesia tahun 2023, jumlah produksi cabai yang tercatat sebesar 1.544.441 Ton[3]. Tingginya minat masyarakat terhadap cabai membuat tingkat permintaan cabai semakin besar, yang membuat petani cabai harus meningkatkan kuantitas dan tetap mempertahankan kualitas bibit cabai.

Fase rentan bibit cabai adalah pada umur 0 sampai 30 hari setelah tumbuh atau berada dalam fase pembibitan yang sangat mudah layu atau mati apabila tidak diurus dengan baik[4]. Di fase tersebut bibit cabai memerlukan perhatian terhadap suhu, kelembaban intensitas cahayanya, rata-rata bibit cabai memerlukan rentang suhu udara 27°C sampai 32°C[5]. Serta kelembaban berkisar 60% sampai 80%[6], bibit cabai juga memerlukan intensitas Cahaya yang baik, intensitas cahaya berperan penting dalam perkecambahan dan pertumbuhan bibit cabai[7]. Oleh karena itu, perawatan intensif terhadap bibit cabai sangat diperlukan untuk memastikan pertumbuhan yang optimal.

Namun di beberapa daerah banyak petani yang menghadapi tantangan dalam mengelola waktu untuk merawat bibit cabai. dikarenakan tergerus oleh jaman yang mengharuskan mereka mencari penghasilan tambahan dengan melakukan pekerjaan sampingan dari berbudidaya cabai, hal tersebut membuat mereka kekurangan waktu dalam memelihara cabai. Masalah tersebut secara langsung akan berdampak pada kualitas dan kuantitas produksi cabai.

Berdasarkan masalah tersebut, penulis membuat sebuah sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT yang menggunakan sensor DHT22, sensor LDR

dan sensor JSN-SR04T yang akan memonitoring suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan ketinggian dari bibit cabai, serta sistem juga akan melakukan kontroling terhadap penyiraman menggunakan pompa air dan sirkulasi udara di tempat pembibitan dengan kipas *Exhaust*. Sistem juga akan dilengkapi dengan kamera menggunakan ESP32 CAM untuk memonitoring sewaktu-waktu dibutuhkannya pengecekan kondisi bibit secara visual, Sistem ini dapat membantu petani memantau perkembangan bibit cabai secara fleksibel dan mobile, sehingga mereka dapat mengoptimalkan waktu dan meningkatkan produksi. Dengan demikian, sistem monitoring ini dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi masalah kurangnya waktu dalam pembibitan cabai, Namun, dalam pengimplementasian sistem monitoring ini juga memerlukan media komunikasi jarak jauh yang dapat mengirim data secara efektif, di daerah dengan keterbatasan sinyal. Oleh karena itu, diperlukan teknologi seperti LoRa yang dapat mengirim data melalui jaringan nirkabel dengan jangkauan yang luas dan konsumsi energi yang rendah.

Dengan sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS ini, diharapkan petani dapat mengoptimalkan waktu dalam merawat bibit cabai dan nantinya akan berdampak pada peningkatan produksi cabai.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah rancangan sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS?
2. Berapakah tingkat akurasi sensor dalam sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS?
3. Bagaimanakah kinerja LoRa dalam melakukan transfer data untuk teks dan gambar dalam sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS?
4. Berapakah tingkat efisiensi dan efektivitas sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup penelitian akan dibatasi pada :

1. Penelitian berfokus pada fase pembibitan cabai merah besar dan paprika dari mulai penanaman biji cabai hingga bibit cabai siap tanam ke media tanam

2. Sistem akan memonitoring suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan ketinggian bibit pada tempat pembibitan dengan menggunakan sensor DHT22, sensor LDR serta sensor ultrasonik
3. Sistem akan melakukan kontrol kepada pompa air serta kipas untuk penyiraman dan sirkulasi udara pada tempat pembibitan
4. Sistem akan menggunakan mikrokontroler ESP32
5. Sistem menggunakan komunikasi *Long Range* (LoRa) sebagai media komunikasi dan dibatasi maksimal 1 kilometer
6. Data akan ditampilkan dalam bentuk web atau aplikasi menggunakan sistem *database*
7. Sistem ini menggunakan PLTS sebagai sumber daya sistem.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Dapat merancang sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS.
2. Dapat mengetahui tingkat akurasi sensor dalam sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS.
3. Dapat mengetahui kinerja LoRa dalam melakukan transfer data untuk teks dan gambar dalam sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS.
4. Dapat mengetahui tingkat efisiensi dan efektivitas sistem monitoring perkembangan bibit cabai berbasis IoT dengan integrasi LoRa dan PLTS.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini baik manfaat akademik dalam ilmu pengetahuan maupun manfaat aplikatif untuk masyarakat umum yaitu :

1. Manfaat Akademik
 - a Sebagai referensi dan pengembangan ilmu dalam pembuatan sistem monitoring dan kontrol serta bahan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan perkembangan bibit cabai berbasis *Internet of Things*
 - b Sebagai pembelajaran dan wawasan lebih dalam pembuatan sistem monitoring dan kontrol perkembangan bibit cabai berbasis *internet of thing*
2. Manfaat Aplikatif

- a Membantu memonitoring dan kontroling dalam perkembangan bibit cabai secara fleksibel.
- b Membantu petani cabai dalam mengurus bibit cabai secara efisien agar hasil panen lebih maksimal.

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian skripsi ini terdiri dari:

- a. BAB I Pendahuluan
Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.
- b. BAB II Tinjauan Pustaka
Menguraikan penelitian sebelumnya dan landasan teori terkait implementasi Rancang bangun sistem monitoring bibit cabai berbasis iot dengan lora dan plts
- c. BAB III Metode Penelitian
Menguraikan perancangan sistem dan alat, pembuatan aplikasi, dan pengujian
- d. BAB IV Hasil dan Pembahasan
Menguraikan hasil dari permasalahan penelitian yang terdiri dari hasil implementasi sistem baik dalam *hardware*, prototipe maupun *software*, pengujian parameter-parameter yang diamati dan analisa pengujian.
- e. BAB V Kesimpulan dan Saran
Menguraikan tentang simpulan dan saran dari hasil penelitian yang sekiranya bermanfaat bagi pembaca dan juga saran kedepannya.
- f. Daftar Pustaka
Memberi informasi publikasi dari referensi seperti, buku, jurnal, ataupun sumber lainnya yang digunakan dalam penyusunan skripsi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian "Sistem Monitoring Perkembangan Bibit Cabai Berbasis IoT dengan Integrasi LoRa dan PLTS", dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring perkembangan bibit cabai ini dirancang dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) yang terdiri dari perangkat utama dan perangkat penghubung. Perangkat utama yang ditempatkan di lokasi pembibitan dilengkapi dengan sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban, sensor LDR untuk intensitas cahaya, dan sensor JSN-SR04T untuk tinggi bibit. Data dari sensor diproses oleh mikrokontroler ESP32 dan dikirim ke perangkat penghubung menggunakan komunikasi LoRa SX1278 Ra-02. Sistem ini juga mampu melakukan kontrol otomatis terhadap kipas *Exhaust*, pompa air, dan atap paranet menggunakan relay dan motor servo. Seluruh sistem ditenagai oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan panel 30 Wp dan baterai 12V 20Ah agar dapat beroperasi secara mandiri. Rancangan ini telah berhasil diimplementasikan dan diuji, dimana sistem mampu memantau kondisi lingkungan secara real-time dan menjalankan fungsi kontrol otomatis dengan baik sesuai parameter yang ditentukan.
2. Tingkat akurasi sensor yang digunakan dalam sistem menunjukkan hasil yang sangat baik. Pengujian sensor suhu DHT22 mendapatkan hasil akurasi sebesar 99,4354 %, pengujian sensor ketinggian JSN-SR04T mendapatkan hasil akurasi sebesar 98,17 %. Sementara itu, pengujian sensor cahaya LDR mendapatkan hasil akurasi sebesar 99,74 %.
3. Sistem Lora sebagai komunikasi data dan gambar terbukti andal hingga jarak 70 meter untuk pengiriman data dan gambar, namun pada beberapa kondisi seperti adanya halangan atau gangguan sinyal, data dan gambar tidak muncul dikarenakan sinyal hilang atau *loss* yang mempengaruhi kualitas data dan gambar.
4. Sistem monitoring ini terbukti efektif mendukung pertumbuhan bibit cabai, terutama pada cabai merah besar yang menunjukkan pertumbuhan konsisten melebihi standar ideal setiap minggu dimana minggu pertama tinggi bibit yang terbaca adalah 4 cm kemudian pada minggu kedua terbaca 6 cm dan minggu

ketiga terbaca 8 cm. Namun, pada bibit paprika, pertumbuhan melambat setelah minggu pertama dimana pada minggu pertama tinggi bibit terbaca 2 cm kemudian minggu kedua terbaca 4 cm dan minggu ketiga terbaca 8 cm, pelambatan ini terjadi karena kebutuhan fisiologis khusus seperti nutrisi tambahan yang belum diakomodasi oleh sistem. Selain mendukung pertumbuhan, sistem ini juga memangkas waktu perawatan seperti penyiraman dan pemantauan harian, sehingga petani dapat mengalihkan tenaga ke aktivitas lain yang lebih produktif. Dengan demikian, sistem ini mendorong praktik pertanian yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar sistem dapat menjadi lebih optimal:

1. Disarankan untuk menambahkan fitur kontrol nutrisi otomatis pada sistem. Mengingat pertumbuhan bibit paprika yang kurang optimal, integrasi pompa untuk penyaluran pupuk cair yang dapat diatur melalui aplikasi akan sangat bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan fisiologis tanaman yang berbeda-beda.
2. Perlu dilakukan optimasi lebih lanjut pada jangkauan komunikasi LoRa. Hasil pengujian menunjukkan jangkauan efektif hanya menapai 70 meter, masih di bawah batas masalah yang ditetapkan yaitu 1 kilometer. Penelitian selanjutnya dapat berfokus pada penggunaan antena dengan gain yang lebih tinggi atau implementasi topologi jaringan *mesh* untuk memperluas jangkauan.
3. Pengembangan aplikasi dan antarmuka web dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur analisis data yang lebih mendalam. Misalnya, menampilkan data historis dalam bentuk grafik yang interaktif dan menambahkan sistem notifikasi cerdas yang dapat memberikan peringatan dini kepada petani jika ada parameter yang mendekati ambang batas kritis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Selvia, Indah Amelia Jupani, Dea Sartika, Indayana Febriani Tanjung, and Febry Ramadhani, “Pengaruh Pemberian Air, MSG (Monosodium Glutamate) dan Garam NaCl terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Cabai (*Capsicum Annuum* L.),” *J. Pendidik. Mipa*, vol. 13, no. 1, pp. 10–15, 2023, doi: 10.37630/jpm.v13i1.798.
- [2] Y. Ahmad, N. I., Bunga, Y. N., & Bare, “Etnobotani Tanaman Cabai Merah Keriting (*Capsicum Annum* L.) Di Desa Waiwuring, Kecamatan Witihamu Kabupaten Flores Timur,” *Etnobotani Tanam. Cabai Merah Keriting (Capsicum Annu. L.) Di Desa Waiwuring, Kec. Witihamu Kabupaten Flores Timur*, vol. 2, p. 2, 2021, Accessed: Jan. 01, 2025. [Online]. Available: <https://spizaetus.nusanipa.ac.id/index.php/spizaetus/article/view/46/34>
- [3] “Produksi Tanaman Sayuran - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia.” Accessed: Jan. 16, 2025. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>
- [4] Somantri and C. Mamun, “Sistem Monitoring Pemeliharaan Tanaman Cabe Berbasis IoT Menggunakan Mobile Apps.pdf,” *J. Indones. Sos. Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 679–690, Apr. 2021, doi: 10.36418/jist.v2i4.123.
- [5] J. P. Hidayat, S. Munfarida, M. Arisalwadi, and W. A. Wafi, “Budidaya Tanaman Cabai Merah Dalam Pot Sebagai Stimulus Anak Usia Dini Dengan Metode Project Based Learning,” *SELAPARANG J. Pengabd. Masy. Berkemajuan*, vol. 7, no. 1, p. 73, Mar. 2023, doi: 10.31764/jpmb.v7i1.12212.
- [6] A. Alparahab, N. Nehru, and S. Fuady, “Pengembangan Instrumen Monitoring Dan Penyiraman Bibit Cabai Rawit Berbasis Iot,” 2021, [Online]. Available: [https://repository.unja.ac.id/25939/%0Ahttps://repository.unja.ac.id/25939/1/Alim Alparahab.pdf](https://repository.unja.ac.id/25939/%0Ahttps://repository.unja.ac.id/25939/1/Alim%20Alparahab.pdf)
- [7] A. H. Wawo, P. Lestari, N. Setyowati, I. Gunawan, and F. Damayanti, “Intensitas Cahaya pada Perkecambahan Benih dan Pertumbuhan Semai Cabai Merah Landung (*Capsicum annuum* cv . Landung) Light Intensity in Seed Germination and Seedling Growth of Red Chili (*Capsicum annuum* cv . Landung) Pendahuluan

Metode Penelitian Bahan,” vol. 9, no. 3, pp. 306–318, 2024, doi: 10.24002/biota.v9i3.8359.

- [8] “Budidaya Tanaman Cabai Merah Dalam Pot Sebagai Stimulus Anak Usia Dini Dengan Metode Project Based Learning | Hidayat | Selaparang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan.” Accessed: Jan. 02, 2025. [Online]. Available: <https://journal.ummat.ac.id/index.php/jpmb/article/view/12212/6318>
- [9] B. Hidayat, “Sistem Pengendalian Dan Monitoring Media Tanaman Cabai Merah Keriting Berbasis Internet of Things (Iot),” 2023.
- [10] I. Gusti Bagus Teguh Ananta, D. Gede Anom Anjasmara, P. Studi Farmasi Klinis dan Komunitas, F. Kesehatan, and I. Teknologi dan Kesehatan Bali, “Potensi Ekstrak Buah Cabai Merah Keriting (Capsicum annum var. Longum) sebagai Antioksidan dan Antibakteri Antioxidant and Antibacterial Potency of Red Chillies Extract (Capsicum annum var. Longum),” *J. Ilm. Medicam.* •, vol. 8, no. 1, pp. 48–55, 2022, doi: 10.36733/medicamento.v8i1.3170.
- [11] G. M. Kale, “Cabai Rawit NTB,” *Berk. Ilm. Pertan.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2020, [Online]. Available: <http://www.bps.go.id>
- [12] S. Berjudul *et al.*, “Lembar Pengesahan Pembimbing Skripsi,” 2008.
- [13] R. D. Aryani, I. F. Basuki, I. Budisantoso, and A. Widyastuti, “Pengaruh Ketinggian Tempat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanam Cabai Rawit (Capsicum frutescens L.),” *Agriprima J. Appl. Agric. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 202–211, 2022, doi: 10.25047/agriprima.v6i2.485.
- [14] S. Pamungkas, “Smart Greenhouse System On Paprican Plants Based On Internet of Things,” *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 7, no. 2, pp. 197–207, 2020, doi: 10.34010/telekontran.v7i2.2277.
- [15] Moekasan, “Bercocok Tanam Paprika,” *Balai Pengkaj. Teknol. Pertan. Sumatera Utara*, vol. 3, no. 2, p. 33, 2014.
- [16] S. M. T. Tulung and S. Demmassabu, “Pertumbuhan Dan Hasil Paprika (Capsicum annuum var- grossum) Pada Beberapa Jenis Naungan The Growth And Yield Of Paprika On Different Shades,” *Eugenia*, vol. 17, no. 2, pp. 156–162, 2011.

- [17] S. Imardi, L. Lusiana, D. Wahyuni, H. Hamdani, F. Arifandi, and J. Akbar, “Pengenalan Mikrokontroler dan Peluang Kerjanya kepada Siswa SMK Bina Profesi Pekanbaru,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 6, no. 2, pp. 16496–16501, 2022, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/4213>
- [18] R. Zhao, S. Ma, and Y. Ding, “Greenhouse monitoring system based on android platform,” in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Oct. 2018, pp. 153–156. doi: 10.1145/3289430.3289444.
- [19] “ESP32 CAM — SunFounder GalaxyRVR Kit for Arduino 1.0 documentation.” Accessed: Feb. 07, 2025. [Online]. Available: https://docs.sunfounder.com/projects/galaxy-rvr/en/latest/hardware/cpn_esp_32_cam.html
- [20] K. D. Irianto, “Evaluasi dan Analisis Kinerja LoRa Pada Sistem Irigasi Pertanian Berbasis IoT,” *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 47–56, 2022.
- [21] A. N. Fadillah, A. D. Almazazi, and M. Pardede, “Rancang Bangun Alat Komunikasi Antar *Smartphone* Melalui Jaringan Nirkabel Lora Multi-Hop,” *Pros. Konf. Nas. Soc. Eng. Polmed*, vol. 3, no. 1, pp. 908–916, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.polmed.ac.id/index.php/KONSEP2021/article/view/927/>
- [22] F. Akbar and S. Sugeng, “Implementasi Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruangan Penyimpanan Obat Berbasis Internet of Things (IoT) di Puskesmas Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat,” *J. Sos. Teknol.*, vol. 1, no. 9, pp. 1021–1028, Sep. 2021, doi: 10.36418/jurnalsostech.v1i9.198.
- [23] “DHT22 Sensor Pinout, Specs, Equivalents, Circuit & Datasheet.” Accessed: Feb. 06, 2025. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/dht22-pinout-specs-datasheet>
- [24] G. H. I. Apsari, S. Pramono, and N. A. Zen, “Implementasi Regresi Linier Menggunakan Sensor JSN-SR04T Untuk Monitoring Ketinggian Air Pada Tandon Air Melalui Antares,” *J. Electron. Electr. Power Appl.*, vol. 2, no. 2, pp. 123–129, 2022, [Online]. Available: <https://journal.peradaban.ac.id/index.php/jeepa/article/view/1277/869>

- [25] D. Purwanto, H., “Komparasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 Dan JSN-SR04T Untuk Aplikasi Sistem Deteksi Ketinggian Air,” *J. SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 717–724, 2020.
- [26] D. S. Marspinta, Y. Abimanyu, and R. Febriyanti, “Analisis Konsep Gelombang Cahaya Pada Kinerja Sensor Light Dependent Resistor,” vol. 10, no. 1, pp. 32–38, 2025.
- [27] B. Hidayat, “Sistem Pengendalian Dan Monitoring Media Tanaman Cabai Merah Keriting Berbasis Internet of Things (Iot),” 2023.
- [28] E. Effendy, A. L. Rahmi, M. Furqan, R. Safii, and U. Sara, “Manajemen Database Organisasi Dakwah,” *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 5, no. 2, pp. 3821–3826, 2023.
- [29] M. Riyan Dirgantara, S. Syahputri, and A. Hasibuan, “Pengenalan Database Management System (DBMS),” *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 6, pp. 300–301, 2023, doi: 10.5281/zenodo.8123019.
- [30] E. A. W. Sanad, “Pemanfaatan Realtime Database di Platform Firebase Pada Aplikasi E-Tourism Kabupaten Nabire,” *J. Penelit. Enj.*, vol. 22, no. 1, pp. 20–26, 2019, doi: 10.25042/jpe.052018.04.
- [31] J. Simanjuntak, “Rancang Bangun Mesin Pemipil Jagung Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan 2023,” 2023.
- [32] I. Setiono, J. P. Sudarto, and T. Semarang, “Akumulator, Pemakaian Dan Perawatannya,” *METANA*, vol. 11, no. 01, pp. 31–36, 2015.
- [33] S. Jepri, Hendrayudi, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Sepeda Motor Menggunakan Sidik Jari Berbasis Arduino Uno,” *J. Inform. dan Komput.*, vol. 13, no. 1, pp. 27–33, 2022.
- [34] D.-165410157 Apriyanto, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Gudangmenggunakan Rfid Dan Sms Gateway Berbasisarduino Uno,” Mar. 2019.