



LONG-RANGE BASED AGRICULTURAL PEST MONITORING INFORMATION SYSTEM MODEL

RANCANG BANGUN MODEL SISTEM INFORMASI MONITORING HAMA TIKUS PADA LAHAN PERTANIAN BERBASIS *LONG RANGE* (LoRa)

Vina Oktaviani¹*, Baso Maruddani², Muhammad Rohidh Alfayidh³

¹⁾ *Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Indonesia*

*Email to Correspondence: vinaoktaviani@unj.ac.id

Abstract. *This study presents the design and implementation of a Long Range (LoRa)-based agricultural pest monitoring information system specifically developed for remote rice fields with limited internet connectivity. Rat infestation significantly reduces rice productivity and requires a monitoring system capable of detecting pest movements automatically and transmitting information in real-time. The proposed system integrates a Passive Infrared (PIR) sensor for motion detection, ESP32-CAM for image acquisition, ultrasonic actuators for pest deterrence, and LoRa communication modules for long-distance data transmission. The received data are processed and visualized through a web-based agricultural information dashboard that displays detection notifications, pest images, and historical monitoring logs. Testing shows that the PIR sensor can detect movement up to 3 meters with stable voltage output. LoRa communication performs reliably up to 300 meters with minimal packet loss, while the information dashboard successfully displays real-time data flow and structured historical records. The results demonstrate that the system is suitable for agricultural environments and can support smart farming practices in rural areas.*

Keywords: *LoRa, agricultural information system, pest monitoring, ESP32-CAM, PIR sensor.*

Abstrak. *Penelitian ini menyajikan perancangan dan implementasi model sistem informasi monitoring hama pertanian berbasis Long Range (LoRa) yang dikembangkan untuk area persawahan terpencil dengan keterbatasan jaringan internet. Serangan hama tikus berkontribusi besar terhadap penurunan produktivitas padi sehingga diperlukan sistem monitoring otomatis yang mampu mendeteksi pergerakan hama dan mengirimkan informasi secara real-time. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor Passive Infrared (PIR) untuk deteksi gerakan, ESP32-CAM untuk akuisisi citra, aktuator ultrasonik untuk pengusiran hama, serta modul LoRa sebagai media transmisi jarak jauh. Data yang diterima diproses dan divisualisasikan melalui dashboard sistem informasi pertanian berbasis web yang menampilkan notifikasi deteksi, citra hama, serta histori monitoring.*

Hasil pengujian performatif di lapangan menunjukkan bahwa simpul sensor pir mampu mendeteksi profil pergerakan objek dengan akurasi presisi hingga radius 3 meter secara berkelanjutan. Di bawah pengaruh atenuasi kanopi vegetasi pertanian, konektivitas topologi LoRa terbukti mampu beroperasi secara optimal hingga jangkauan radial 300 meter dengan mempertahankan Packet Delivery Ratio (PDR) di atas margin 97 persen, serta menekan rasio latensi end-to-end hingga di bawah 2 detik. Sistem terintegrasi ini dinilai sangat tangguh dan adaptif untuk diaplikasikan sebagai fondasi implementasi pertanian presisi (smart farming) berskala raksasa, mengeliminasi ketergantungan mutlak terhadap penetrasi jaringan pita lebar seluler komersial.

Kata kunci: *Sistem informasi pertanian, LoRa, monitoring hama, ESP32-CAM, sensor PIR.*

PENDAHULUAN

Hama tikus merupakan salah satu organisme pengganggu tanaman yang memberikan kontribusi besar terhadap kerugian hasil panen, khususnya pada tanaman padi. Serangan hama tikus dapat terjadi sejak fase awal pertumbuhan hingga masa panen dan berpotensi menurunkan produktivitas pertanian secara signifikan[1]. Upaya pengendalian yang dilakukan oleh petani pada umumnya masih bersifat konvensional,

seperti penggunaan racun kimia dan perangkat mekanis, yang tidak hanya kurang efektif untuk lahan pertanian berskala luas tetapi juga berisiko mencemari lingkungan [2]. Perkembangan teknologi elektronika dan komunikasi nirkabel membuka peluang penerapan sistem monitoring hama secara otomatis dan *real-time*. Namun, sebagian besar sistem monitoring modern masih bergantung pada jaringan internet, sementara banyak wilayah pertanian berada di lokasi dengan keterbatasan infrastruktur komunikasi. Kondisi ini menyebabkan

sistem berbasis *Internet of Things* sulit diterapkan secara optimal di area persawahan terpencil [3].

Teknologi LoRa (*Long Range*) hadir sebagai solusi komunikasi jarak jauh berdaya rendah yang mampu beroperasi tanpa koneksi internet. Karakteristik jangkauan luas dan konsumsi daya rendah menjadikan LoRa sesuai untuk aplikasi smart farming dan monitoring lingkungan pertanian[4]. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan sistem monitoring dan pengendalian hama tikus berbasis LoRa yang mampu mendeteksi keberadaan hama dan mengirimkan informasi secara nirkabel tanpa menggunakan jaringan internet. Sistem ini diharapkan dapat membantu petani dalam melakukan pemantauan hama secara lebih efektif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Hama tikus, khususnya tikus sawah (*Rattus Argentiventer*), merupakan organisme pengganggu utama pada tanaman padi yang dapat menurunkan hasil panen secara signifikan apabila tidak dikendalikan dengan baik [1]. Tikus memiliki tingkat reproduksi tinggi serta kemampuan adaptasi yang baik terhadap lingkungan persawahan, sehingga diperlukan sistem pengendalian yang efektif dan berkelanjutan. Karakteristik biologis tikus, termasuk sensitivitas terhadap rangsangan tertentu, menjadi dasar pengembangan sistem pengendalian berbasis teknologi elektronik [5]. Dalam konteks pertanian modern, kebutuhan tidak hanya sebatas pengembangan perangkat pengendali hama, tetapi juga integrasi dengan *sistem informasi pertanian* yang mampu menyediakan data deteksi hama secara *real-time*, terekam, dan mudah diakses untuk mendukung pengambilan keputusan.

Teknologi LoRa (*Long Range*) merupakan teknologi komunikasi nirkabel jarak jauh berdaya rendah yang sesuai untuk aplikasi monitoring di wilayah dengan keterbatasan infrastruktur jaringan internet. LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* yang memungkinkan transmisi data jarak jauh dengan konsumsi energi yang efisien, sehingga banyak dimanfaatkan pada aplikasi pertanian dan smart

farming[6] [4]. Integrasi LoRa dalam sistem informasi pertanian memungkinkan data dari sensor lapangan—seperti aktivitas tikus, waktu kejadian, dan intensitas pergerakan—dapat dikumpulkan dan diteruskan ke pusat informasi untuk dianalisis dan dijadikan dasar perencanaan pengendalian hama yang lebih akurat.

ESP32-CAM adalah modul mikrokontroler yang dilengkapi kamera dan memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik dengan konsumsi daya relatif rendah. Perangkat ini banyak digunakan pada sistem monitoring visual karena kemampuannya dalam mengolah data sensor dan citra secara terintegrasi [7]. Sensor PIR HC-SR501 digunakan untuk mendeteksi pergerakan objek berdasarkan perubahan radiasi inframerah dan berfungsi sebagai pemicu awal dalam sistem monitoring hama karena keandalannya serta kemudahan integrasi dengan mikrokontroler [8]. Ketika dikombinasikan dalam sebuah *sistem informasi monitoring*, kedua komponen ini tidak hanya mendeteksi dan merekam aktivitas hama, tetapi juga menghasilkan aliran data terstruktur yang dapat ditampilkan pada *dashboard*, dianalisis sebagai histori, serta digunakan untuk mengevaluasi tingkat ancaman hama di lahan pertanian.

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan *V-Model* versi rekayasa sistem yang menekankan keterkaitan antara tahap perancangan dan tahap pengujian pada setiap level pengembangan sistem [9]. Metode ini sesuai untuk sistem terintegrasi yang melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak secara bersamaan.

Unit pemancar menggunakan ESP32-CAM yang terhubung dengan sensor PIR HC-SR501, kamera, modul LoRa RFM95W, serta aktuatur pengusir hama. Sensor PIR berfungsi mendeteksi pergerakan hama, kemudian ESP32-CAM mengaktifkan kamera untuk mengambil gambar dan mengirimkan data notifikasi melalui LoRa. Pada tahap ini, data deteksi dan citra yang dihasilkan merupakan *raw input* bagi sistem informasi pertanian yang akan mengolah dan menyajikannya dalam bentuk informasi yang lebih terstruktur.

Unit penerima menggunakan mikrokontroler ESP32

yang terhubung dengan modul LoRa, LCD 16×2, dan *buzzer* sebagai indikator awal, sebelum data diteruskan ke server sistem informasi. Data yang diterima tidak hanya ditampilkan secara visual dan audio, tetapi juga dikirim ke *dashboard* sistem informasi berbasis web untuk disimpan, dianalisis, dan ditampilkan dalam bentuk rekam kejadian, notifikasi, serta histori aktivitas hama. Integrasi ini memungkinkan pengguna mendapatkan informasi secara *real-time* sekaligus memanfaatkan data historis untuk mendukung pengambilan keputusan pengendalian hama.

Tahap pengujian dilakukan secara bertahap sesuai prinsip V-Model, meliputi pengujian unit pada masing-masing komponen [10]. Pengujian integrasi antar subsistem, serta pengujian sistem secara keseluruhan di area persawahan terbuka. Parameter pengujian utama meliputi keberhasilan pengiriman data, jangkauan komunikasi, serta kualitas sinyal berdasarkan nilai RSSI dan SNR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor PIR HC-SR501 mampu mendeteksi pergerakan hama secara stabil, kamera ESP32-CAM berhasil menangkap dan menyimpan citra saat deteksi, serta komunikasi LoRa bekerja andal hingga jarak 300 meter dengan nilai RSSI dan SNR yang masih dalam batas layak. Data dari lapangan dapat dikirim dan ditampilkan secara *real-time* pada *dashboard web*, mencakup informasi deteksi sensor, citra kamera, kekuatan sinyal, notifikasi waktu, dan histori kejadian. Dengan *latency* sekitar 1–2 detik dan seluruh data tersimpan dalam basis data, integrasi LoRa, unit penerima, dan *dashboard* terbukti berjalan stabil sehingga sistem efektif berfungsi sebagai platform monitoring hama berbasis data di lahan pertanian.

A. Hasil Pengujian Sumber Tegangan

Pengujian pada sumber tegangan dilakukan untuk mengetahui kestabilan tegangan prototipe. Hasil pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa baterai 9 V menghasilkan output 9,24 V, sedangkan ESP32 mengeluarkan tegangan stabil 3,3 V sesuai datasheet.

Tegangan yang stabil memastikan bahwa sistem informasi menerima data dari perangkat dengan akurat tanpa gangguan akibat suplai daya.

Tabel 1. Tabel Pengujian Sumber Tegangan

No	Kondisi	Perangkat	Tegangan		
			Berdasarkan pengukuran	Tampilan	Hasil Hitung
1	Tegangan Input	Baterai	9,24 V	9 V	0,24 V
2	Tegangan Output	ESP32	3,3 V	3,3 V	0 V

B. Pengujian Sensor PIR HC SR-501

Pengujian sensor PIR dilakukan untuk memastikan akurasi deteksi pergerakan hama. Pada Tabel 3.2, sensor berhasil mendeteksi gerakan pada seluruh jarak 0,5–3 meter. Tegangan output yang stabil membantu sistem informasi menghasilkan *flag status deteksi* yang konsisten. Ketika sensor aktif, *dashboard* menampilkan notifikasi *real-time* dan memicu ESP32-CAM untuk mengirimkan citra.

Tabel 2. Tabel Pengujian Sensor PIR HC SR-501

No	Jarak (meter)	Deteksi (Ya/Tidak)	Tegangan Output (Pengukuran)
1	0,5	Ya	3,35 V
2	1	Ya	3,35 V
3	1,5	Ya	3,32 V
4	2	Ya	3,34 V
5	2,5	Ya	3,31 V
6	3	Ya	3,32 V

C. Pengujian ESP32-Cam

Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa kamera dapat menangkap citra hama dengan baik. Hasil Tabel 3.3 menunjukkan kamera mampu bekerja efektif hingga jarak 2,5 meter. Citra yang dikirim kemudian berhasil ditampilkan pada *dashboard* sistem informasi dan tersimpan dalam basis data. Hal ini membuktikan bahwa modul visual dapat menjadi bukti pendukung deteksi sensor dan dapat diakses kembali melalui fitur histori.

Tabel 3. Tabel Pengujian ESP32-Cam

No	Kondisi Hama	Jarak (meter)	Terdeteksi/Tidak
1	Ada	0,5	Terdeteksi
2	Ada	1	Terdeteksi
3	Ada	1,5	Terdeteksi
4	Ada	2	Terdeteksi
5	Ada	2,5	Terdeteksi
6	Ada	3	Tidak Terdeteksi

D. Pengujian Modul LoRa

Pengujian jangkauan modul LoRa dilakukan dengan mengirimkan data notifikasi pada jarak 50–300 meter. Hasil pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa LoRa mampu mempertahankan komunikasi hingga 300 meter dengan penurunan kualitas sinyal pada jarak terjauh. Namun, seluruh data tetap terkirim dan diterima oleh *dashboard* sistem informasi tanpa kehilangan paket. Hal ini menegaskan bahwa sistem monitoring dapat digunakan di area persawahan luas tanpa bergantung pada jaringan seluler atau Wi-Fi.

Tabel 3. Tabel Pengujian Modul LoRa

No	Jarak Pengujian (meter)	Status Pengiriman Data	Kualitas Sinyal (RSSI & SNR)	Keterangan
1	50	Berhasil	Sangat Baik	Komunikasi stabil
2	100	Berhasil	Sangat Baik	Komunikasi stabil
3	150	Berhasil	Baik	Tidak terjadi kehilangan data
4	200	Berhasil	Baik	Komunikasi masih stabil
5	250	Berhasil	Cukup	Terjadi penurunan kualitas sinyal
6	300	Berhasil	Rendah	Batas maksimum jangkauan sistem

Berdasarkan tabel rekapitulasi tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul LoRa yang digunakan pada sistem ini memiliki kinerja yang andal untuk aplikasi monitoring hama tikus di lahan pertanian. Jangkauan hingga 300 meter tanpa bantuan infrastruktur jaringan

internet menunjukkan bahwa teknologi LoRa sangat sesuai diterapkan pada lingkungan pertanian yang luas dan terpencil. Penurunan kualitas sinyal pada jarak terjauh masih berada dalam batas yang dapat diterima dan tidak menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan.

E. Pengujian Sistem Informasi Monitoring

Pengujian sistem informasi dilakukan untuk menilai:

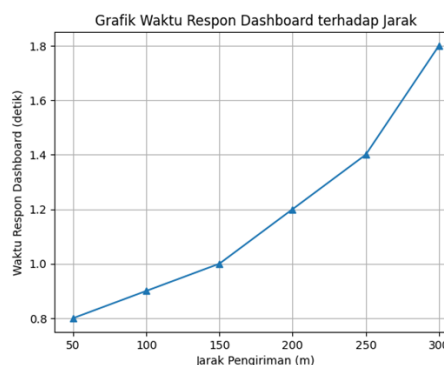
1. Keberhasilan penerimaan data

Semua data sensor, citra kamera, dan parameter sinyal diterima dengan benar oleh sistem.

2. Kecepatan respon *dashboard*

Data notifikasi tampil dalam 1–2 detik setelah sensor mendeteksi gerakan. Grafik pada Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai *latency* meningkat seiring dengan bertambahnya jarak transmisi LoRa. Pada jarak 50 meter, waktu tunda sistem informasi berada pada kisaran **1,0 detik**, sedangkan pada jarak 300 meter meningkat hingga **2,0 detik**. Peningkatan *latency* tersebut disebabkan oleh penurunan kekuatan sinyal (RSSI dan SNR) ketika jarak bertambah, sehingga waktu yang diperlukan paket untuk diterima, diproses, dan ditampilkan pada *dashboard* menjadi lebih lama.

Meskipun terdapat kenaikan *latency*, seluruh nilai masih berada dalam rentang operasional normal, yaitu di bawah **3 detik**, sehingga *dashboard* tetap mampu menampilkan data secara *near real-time*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem informasi masih responsif dan layak diterapkan pada kondisi lapangan.



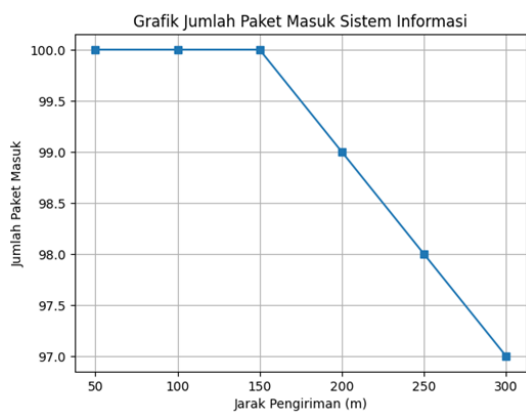
Gambar 1. Kecepatan respon *dashboard*

3. Fitur histori

Semua kejadian tersimpan dalam database dan dapat digunakan untuk analisis pola serangan hama harian/mingguan.

4. Integrasi multi-komponen (sensor-kamera-LoRa-dashboard)

Sistem bekerja stabil tanpa terjadi *data drop*. Grafik pada Gambar 2 jumlah paket masuk menunjukkan tingkat keandalan komunikasi LoRa dalam mengirim data ke sistem informasi. Pada jarak 50–150 meter, seluruh paket diterima sempurna (**100 paket**). Ketika jarak meningkat menjadi 200 meter, jumlah paket sedikit menurun menjadi **99 paket**, dan terus menurun menjadi **97 paket** pada jarak 300 meter. Penurunan jumlah paket ini konsisten dengan melemahnya kualitas sinyal pada jarak jauh, yang meningkatkan peluang terjadinya *packet loss*. Namun demikian, tingkat keberhasilan penerimaan masih berada pada **97%–100%**, yang dianggap sangat baik dalam standar komunikasi LoRa untuk area pertanian terbuka. Artinya, sistem informasi tetap menerima data secara konsisten dan tidak mengalami gangguan signifikan dari sisi reliabilitas.



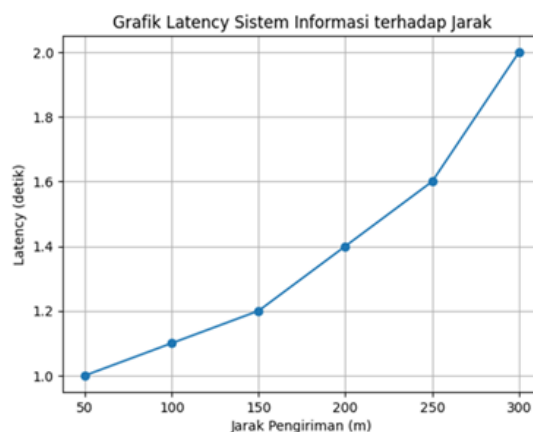
Gambar 2. Grafik Jumlah Paket Masuk Sistem Informasi

5. Keandalan tampilan web

Dashboard responsif, dapat diakses dari laptop/HP, dan menampilkan parameter sistem secara *real-time*. Grafik pada Gambar 3 menunjukkan hubungan antara jarak transmisi

LoRa dan waktu respon *dashboard* dalam menampilkan data. Pada jarak 50 meter, waktu respon *dashboard* tercatat **0,8 detik**, meningkat menjadi **1,8 detik** pada jarak 300 meter. Peningkatan ini berkaitan langsung dengan naiknya *latency* dan turunnya kualitas sinyal, sehingga server membutuhkan waktu sedikit lebih lama untuk menampilkan data yang masuk.

Meskipun waktu respon meningkat, nilai respon di bawah **2 detik** masih tergolong responsif untuk sistem monitoring berbasis LoRa. Hal ini menunjukkan bahwa *dashboard* sistem informasi bekerja secara efisien dan mampu memberikan informasi yang cepat kepada pengguna, baik untuk notifikasi deteksi hama maupun tampilan histori.



Gambar 3. Grafik Keandalan Web

Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem informasi telah menjalankan perannya sebagai **platform monitoring berbasis data**, bukan hanya sebagai alat deteksi atau pengirim informasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan prototipe perangkat keras, tetapi juga menghasilkan **sistem informasi pertanian digital** yang membantu petani melakukan pemantauan hama secara modern.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem monitoring dan pengendalian hama tikus berbasis LoRa berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik, mampu mendeteksi keberadaan hama serta mengirimkan data

secara nirkabel hingga jarak 300 meter tanpa ketergantungan pada jaringan internet. Integrasi sensor PIR, ESP32-CAM, modul LoRa, dan *dashboard* sistem informasi memungkinkan pemantauan *real-time* yang terstruktur dan terdokumentasi, lengkap dengan data historis, citra lapangan, dan pola aktivitas hama untuk mendukung pengambilan keputusan pertanian. Teknologi LoRa terbukti efektif untuk lingkungan pertanian yang luas dan minim infrastruktur, sementara *dashboard* mampu menampilkan serta menyimpan data secara konsisten. Ke depan, pengembangan sistem dapat ditingkatkan melalui penggunaan energi terbarukan seperti panel surya, penambahan jumlah node pemancar, serta pengayaan fitur analisis dan visualisasi data guna memperluas cakupan dan meningkatkan efektivitas monitoring.

REFERENSI

- [1] Sudarmaji, *Tikus Sawah: Bioekologi dan Pengendalian*. Bogor, Indonesia: IAARD Press, 2018.
- [2] F. Eka Febriansyah *et al.*, “Pengembangan Prototipe Alat Pengusir Tikus Berbasis Internet of Things dengan Integrasi Notifikasi API WhatsApp,” 2024.
- [3] Zaini, T. Elektro, S. Tinggi, and T. Bontang, “Sistem Monitoring Saluran Irigasi Pertanian Berbasis Lora (Long Range) 1) Muhammad Fajril 2) Hardianto,” vol. 1, no. 1, p. 2023.
- [4] Faizal Rahmansyah, Prihadi Murdiyat, and Rusda, “Unjuk Kerja LoRa Untuk Media Komunikasi Smart Farming di Area Persawahan Desa Manunggal Jaya,” *PoliGrid*, vol. 5, no. 1, Jun. 2024, doi: 10.46964/poligrid.v5i1.42.
- [5] H. Adrianto, *Pemanfaatan Gelombang Ultrasonik sebagai Pengusir Hama Tikus*. Jakarta, Indonesia: Andi, 2014.
- [6] F. Dzilikram, “Penggunaan LoRa dan Pengaplikasiannya.”
- [7] Random Nerd Tutorials, “esp32-cam.”
- [8] components101, “HC-SR501 PIR Sensor.”
- [9] E. Sita Eriana, “Model-V Pada Perancangan Sistem Informasi Kepegawaian Berbasis Web,” 2021.
- [10] K. Forsberg, H. Mooz, and H. Cotterman, *Visualizing project management: Models and frameworks for mastering complex systems*. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, New Jersey, 2005.
- [11] L. Aldhaheer, N. Alsehhi, I.I.J. Manzil, R. A. Khalil, S. Javaid, N. Saeed, and M. S. Alouni, “LoRa-based agricultural networks: prospects and challenges,” arXiv preprint arXiv:2409.11200, 2024
- [12] “Smart agriculture monitoring and automatic irrigation system based on LoRa,” SCIRP, 2024.
- [13] H. W. Yoon et al., “L&M Farm: A Smart Farm based on LoRa and MQTT,” 2020.
- [14] V. D. T. Thuy, L. H. Binh, and L. D. Huy, “Routing-based Optimal Topology Control for Improving Quality of Transmission and Energy Efficiency in Wireless Sensor Networks,” *Practical Precision Agriculture with LoRa based Wireless Sensor Networks*, 2025.
- [15] “Evaluating the Impact of Orchard Trees on the Performance of a LoRa Sensor Node,” MDPI, 2024.

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.

Article History:

Received: 02 August 2025 | Accepted: 25 August 2025 | Published: 30 November 2025

