

Rancang Bangun Aplikasi Android untuk Monitoring Patok Perbatasan Berbasis LoRa

Dicky Dwi Ariyanto¹⁾, Vincensius Arga Yoda²⁾, Angga Wahyu Prama Yudha³⁾

^{1), 2), 3)} Prodi Teknik Telekomunikasi Militer. Politeknik Angkatan Darat

Jl.Raya Anggrek No.1 Junrejo, Batu, Indonesia

E - mail : ¹⁾dwidicky12@gmail.com, ²⁾vincentsius@gmail.com

³⁾angga.zeni@gmail.com

Development of a LoRa-Based Android Application for Border Marker Monitoring

Abstract: This research aims to improve the effectiveness of Indonesian Army territorial surveillance by the Border Security Task Force (Satgas Pamtas). This system was created to address the constraints of manual patrols due to limited internet connectivity (blank spots). The application was developed using Java in Android Studio, integrated with LoRa32 TTGO V2.1 (TX) and a set of sensors (MPU6050, AHT20+BMP280, INA219, and rain sensor) at border markers. Data communication uses LoRa radio frequencies to a receiver node (RX) and is forwarded to the officer's tablet via Bluetooth Low Energy (BLE). Test results show the system operates stably with a measured end-to-end delay ranging from 0.18 to 0.95 seconds. The system is able to classify marker status (SAFE, ANIMAL, REMOVED) using rule-based thresholds, and stores logs in a local SQLite database that can be exported to PDF format. The applied methodology includes a literature review and the Waterfall development method. Based on the results of functional and quantitative communication testing, all core modules including authentication, wireless interconnection, telemetry visualization, and report export function properly according to the test scenarios. For distance testing, LoRa transmission was successfully observed up to 250 meters in Non-Line-of-Sight (NLOS) areas and up to 600 meters in Line-of-Sight (LOS) areas, while the local Bluetooth connection was observed up to 10 meters.

Key words: Android Application, Border Marker Monitoring, LoRa32 TTGO, Bluetooth Low Energy (BLE)

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengawasan teritorial TNI AD oleh Satgas Pamtas. Sistem ini dibuat untuk mengatasi kendala patroli manual yang minim jaringan internet (blank spot). Aplikasi dikembangkan menggunakan bahasa Java pada Android Studio, terintegrasi dengan LoRa32 TTGO V2.1 (TX) serta rangkaian sensor (MPU6050, AHT20+BMP280, INA219, dan sensor hujan) pada patok perbatasan. Komunikasi data menggunakan frekuensi radio LoRa menuju receiver (RX) yang diteruskan ke tablet petugas melalui Bluetooth Low Energy (BLE). Hasil pengujian menunjukkan sistem beroperasi dengan waktu tunda (end-to-end delay) terukur berkisar antara 0,18 hingga 0,95 detik. Sistem mampu mengklasifikasikan status patok (AMAN, HEWAN, DICABUT) berbasis aturan ambang batas (rule-based threshold), menyimpan log pada database lokal SQLite, serta mengeksportnya ke format PDF. Metodologi yang diterapkan meliputi studi kepustakaan dan metode Waterfall. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, modul inti meliputi fitur autentikasi, interkoneksi nirkabel, visualisasi telemetry, dan ekspor log PDF terbukti berfungsi sesuai skenario. Pengujian jarak transmisi LoRa berhasil diamati hingga sejauh 250 meter pada area Non-Line-of-Sight (NLOS) dan mencapai 600 meter pada area Line-of-Sight (LOS), sedangkan jangkauan Bluetooth lokal terpantau stabil pada jarak 10 meter.

Kata kunci: Aplikasi Android, Monitoring Patok, LoRa32 TTGO, Bluetooth Low Energy (BLE)

PENDAHULUAN

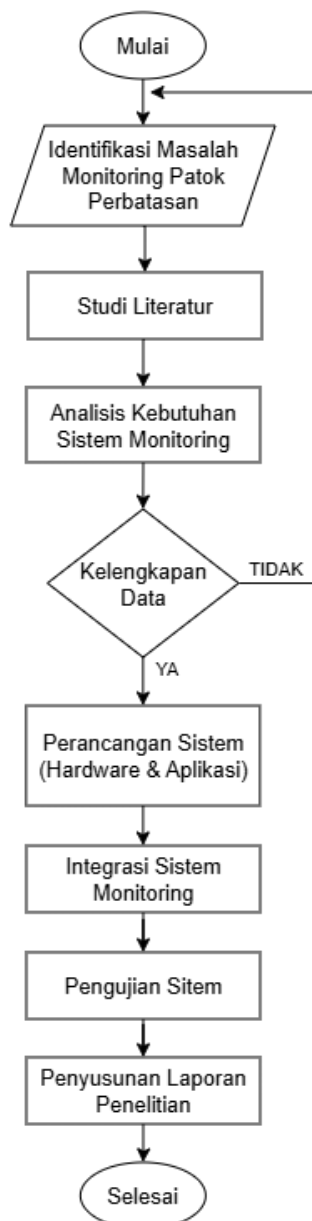
Sebagai kawasan yang bernilai strategis, wilayah perbatasan negara memegang peranan kunci dalam mempertahankan kedaulatan, integritas teritorial, serta stabilitas keamanan nasional [1]. Pengawasan terhadap patok perbatasan mutlak dilakukan secara berkala karena kondisi geografis yang menantang serta maraknya aktivitas ilegal manusia dapat menyebabkan hilangnya atau bergesernya tanda batas fisik negara secara sengaja [2],[3]. Pengawasan yang selama ini dilakukan secara manual melalui patroli lapangan oleh Satgas Pamtas seringkali menghadapi kendala waktu, tenaga, serta tingginya biaya operasional. Keterbatasan jangkauan visual aparat pada wilayah perbatasan yang membentang panjang, ditambah dengan risiko kelelahan fisik personel akibat medan yang sulit, menjadikan pengawasan manual kurang efektif dan menuntut adanya inovasi teknologi untuk mendukung pengamanan wilayah secara lebih persisten dan terukur [4].

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan *Wireless Sensor Network* (WSN) kini telah banyak dieksplorasi untuk mendigitalisasi sistem pemantauan secara *real-time* dan peringatan dini (*early warning system*) guna mengatasi tantangan pada kondisi geografis yang rawan [5]. Pemanfaatan perangkat *mobile* berbasis

Android menjadi instrumen yang relevan karena menawarkan mobilitas bagi personel taktis di lapangan [6]. Penelitian terdahulu telah berupaya mendigitalisasi pemantauan patok perbatasan menggunakan platform MIT App Inventor [7]. Namun, sistem-sistem terdahulu masih memiliki celah penelitian (*research gap*) karena sangat bergantung pada ketersediaan jaringan seluler (GSM/Wi-Fi), padahal mayoritas wilayah perbatasan merupakan area *blank spot*. Keterbatasan lainnya dari penelitian sebelumnya adalah ketiadaan dukungan arsitektur *multi-node* serta absennya mekanisme *offline logging* dan algoritma klasifikasi otomatis untuk membedakan jenis gangguan patok.

Guna mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini merancang sistem monitoring patok perbatasan berbasis aplikasi Android yang terintegrasi dengan teknologi komunikasi hibrida *Long Range* (LoRa) dan BLE. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada arsitektur telemetrinya yang sepenuhnya independen dari jaringan internet seluler. Selain itu, kontribusi teknis penelitian ini mencakup penerapan algoritma klasifikasi berbasis ambang batas (Kategori: AMAN, HEWAN, DICABUT), dukungan arsitektur *multi-node*, serta integrasi SQLite lokal untuk perekaman log yang dapat diekspor ke format PDF.

METODE PENELITIAN



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Pengembangan sistem pada penelitian ini menggunakan metode *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan model *Waterfall*. Metode ini dipilih karena mengedepankan pendekatan yang sistematis dan berurutan—dimulai dari tahap analisis kebutuhan, desain, implementasi, pengujian,

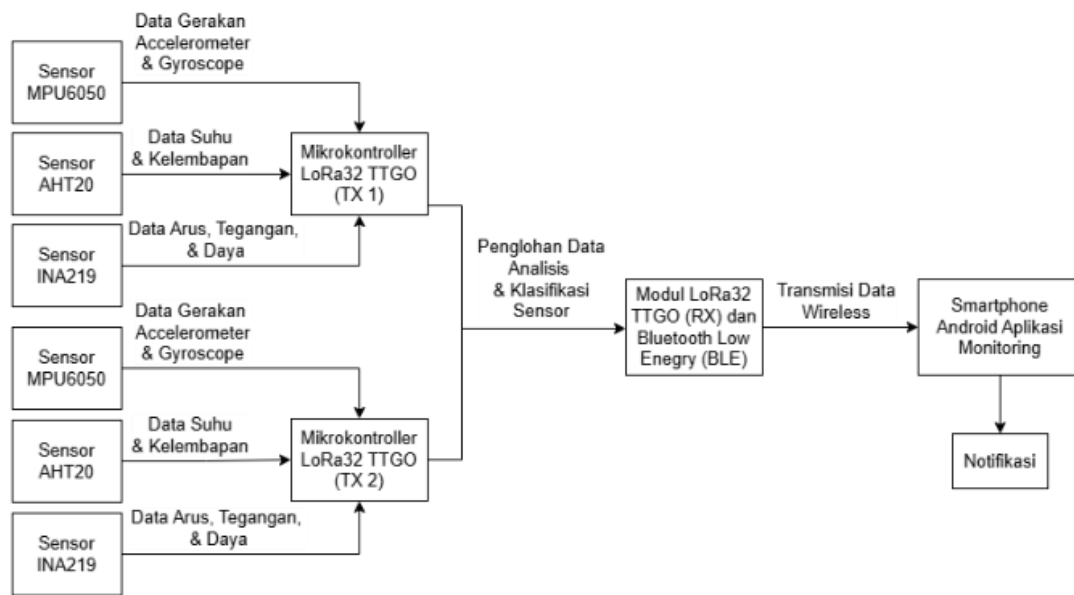
hingga perawatan—sehingga sangat efektif untuk merancang sistem yang kebutuhan dan spesifikasinya sudah terdefinisi secara jelas sejak awal pengembangan [8].

Arsitektur Sistem dan Konfigurasi Nirkabel Sistem pemantauan ini mengukung arsitektur *multi-node* yang terdiri dari dua Node Transmitter (TX 1 dan TX 2) pada patok perbatasan dan satu Node Receiver (RX) yang dibawa oleh personel patroli. Setiap Node TX dilengkapi mikrokontroler LoRa32 TTGO V2.1 [9] dan integrasi sensor: MPU6050 (orientasi/guncangan), AHT20+BMP280 (suhu/kelembapan), Sensor Hujan (status cuaca), dan INA219 (manajemen daya).

Komunikasi telemetri LoRa dikonfigurasi pada pita frekuensi 915 MHz dengan parameter *Spreading Factor* (SF) 7 dan *Bandwidth* 25 kHz. Pengaturan SF 7 dipilih karena memberikan keseimbangan optimal antara kecepatan transfer data (*data rate*) dan keandalan jarak pancar (*range*) untuk paket data sensor yang berukuran kecil [10]. Proses transmisi data dari *node* sensor ke pusat kendali memanfaatkan protokol komunikasi nirkabel *Bluetooth Low Energy* (BLE). Protokol ini sangat ideal untuk diimplementasikan pada arsitektur *Wireless Sensor Network* (WSN) karena dirancang khusus untuk meminimalkan konsumsi daya baterai, bahkan jauh lebih hemat daya jika dibandingkan dengan protokol Wi-Fi [11].

Selanjutnya, data pembacaan sensor yang diterima akan diproses langsung di dalam mikrokontroler menggunakan metode *Rule-Based Reasoning* (RBR). Pendekatan logika berbasis aturan (seperti kondisional IF-THEN) ini dipilih karena mampu memproses

fakta masukan menjadi sebuah kesimpulan atau keputusan secara terstruktur, ringan secara komputasi, dan akurat berdasarkan ambang batas lingkungan yang diatur pada system [12].



Gambar 2 Diagram Arsitektur Sistem

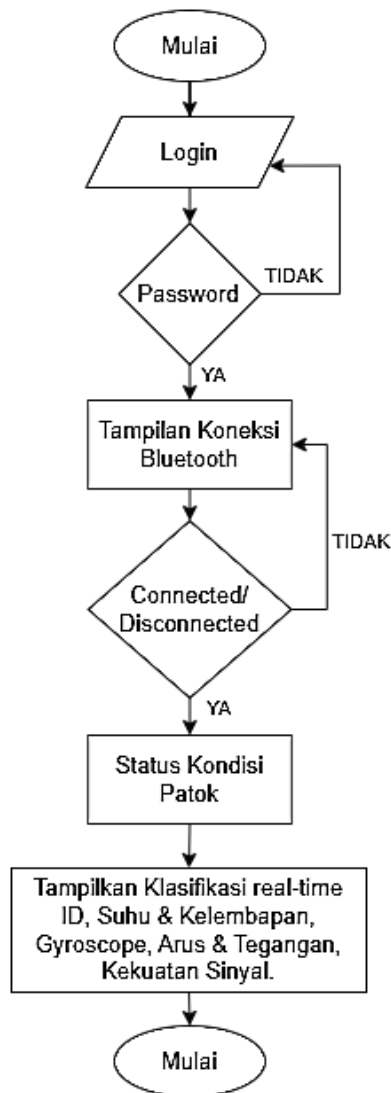
Logika Klasifikasi Status Patok Aplikasi mengimplementasikan aturan keputusan (*decision rule*) berbasis ambang batas (*threshold*) dari nilai accelerometer dan gyroscope MPU6050. Penggunaan pendekatan *rule-based* terbukti andal dan ringan untuk komputasi pada *edge node* di lingkungan hutan. Status diklasifikasikan menjadi tiga kondisi:

AMAN: Pembacaan kemiringan dan getaran berada dalam batas toleransi (perubahan sudut < 5 derajat).

HEWAN: Terdeteksi anomali getaran sesaat tanpa menyebabkan kemiringan permanen. Pada tahap ini, kategori tersebut dibatasi sebagai indikasi gangguan sementara yang diasumsikan sebagai kontak fisik dari satwa liar, dan masih memerlukan

validasi lebih lanjut menggunakan skenario kontak satwa yang sebenarnya

DICABUT: Terdeteksi perubahan sudut ekstrem (> 45 derajat) yang menetap, mengindikasikan patok roboh atau digeser sengaja.



Gambar 3 Flowchart Algoritma Penentuan Status Patok

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian fungsional sistem dievaluasi menggunakan teknik *Equivalence Partitioning* untuk memastikan keandalan modul *software*, termasuk fungsi autentikasi login dan fitur *offline logging* SQLite ke format PDF. Pada pengujian *blackbox* ini, sistem berhasil melakukan penolakan akses untuk kata sandi yang tidak valid serta mengonversi rekaman data 24 jam menjadi berkas PDF sesuai skenario.

Pada aspek jaringan nirkabel, evaluasi jarak transmisi LoRa diukur secara kuantitatif mencakup Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan waktu tunda (end-to-end delay). Pengukuran delay dihitung sejak perubahan terdeteksi oleh sensor hingga notifikasi muncul pada antarmuka Android. Karakteristik redaman sinyal LoRa pada area yang terhalang halangan fisik seperti vegetasi (NLOS) umumnya menghasilkan penurunan nilai Received Signal Strength Indicator (RSSI) dan Signal to Noise Ratio (SNR) yang lebih signifikan dibandingkan area terbuka (LOS), sehingga membatasi jarak jangkauan maksimal pada Spreading Factor yang rendah [13].

Tabel 1 Hasil Pengujian Fungsional Sistem

Fitur / Modul	Skenario Uji	Hasil yang Diharapkan)	Status
Autentikasi	Login dengan <i>username/password</i> sesuai <i>database</i> Login dengan sandi keliru atau kolom kosong	Pengguna diarahkan ke <i>dashboard</i> utama Sistem menolak akses dan menampilkan peringatan	Sesuai
Konektivitas	<i>Scanning</i> dan <i>Pairing</i> ke perangkat BLE LoRa32 TTGO	Status berubah menjadi <i>Connected</i> secara otomatis	Sesuai
Sensor Lingkungan	Paparan suhu/kelembapan (AHT20+BMP280) & air (Sensor hujan)	Visualisasi suhu, kelembapan, dan status cuaca terbaru	Sesuai
Klasifikasi Patok (Status Transien / "Hewan")	Simulasi getaran sesaat secara manual pada sensor MPU6050 tanpa mengubah sudut kemiringan permanen	Sistem mengenali anomali getaran sesaat dan menampilkan status peringatan gangguan transien ("Hewan")	Sesuai
Klasifikasi Patok	Simulasi kemiringan ekstrem > 45 derajat (MPU6050)	Notifikasi status "DICABUT" dan peringatan suara aktif	Sesuai
Log / Riwayat	Menekan tombol ekspor pada menu Riwayat Monitoring	Sistem menghasilkan <i>file</i> log berformat PDF	Sesuai

Tabel 2 Pengujian Kuantitatif Jangkauan LoRa dan BLE

Kondisi Pengujian	Jarak (Meter)	Paket Dikirim	Paket Diterima	PDR (%)	Rata-rata RSSI (dBm)	Rata-rata Delay (s)	Status Penerimaan Data
LoRa (NLOS)	100 250 350	50 50 50	50 50 0	100% 100% 0%	-90 -115 <Ambang 0,35 Sensitivitas	>0,80 N/A	Data diterima utuh Data diterima utuh Data diterima utuh <i>Packet Loss</i> total
LoRa (LOS)	200 600 700	50 50 50	50 50 0	100% 100% 0%	-85 -110 <Ambang 0,18 Sensitivitas	>0,95 N/A	Data diterima utuh Data diterima utuh Data diterima utuh <i>Packet Loss</i> total
BLE (Lokal)	1-10	50	50	100%	-50 s/d -85	<0,1	Terhubung stabil

Berdasarkan Tabel 2, pengujian kuantitatif jangkauan LoRa dan BLE pada area NLOS (terhalang vegetasi) berhasil diamati secara konsisten hingga jarak 250 meter dengan rasio keberhasilan pengiriman paket (*Packet Delivery Ratio / PDR*) mencapai 100% dan *delay* 0,80 detik. Saat pengujian mencapai jarak 350 meter, terjadi pelemahan sinyal yang ekstrem sehingga mengakibatkan kehilangan paket data (*packet loss*) total. Sementara itu, pada kondisi area terbuka (LOS), komunikasi data berlangsung baik dengan PDR 100% hingga jarak 600 meter dan *delay* maksimal 0,95 detik. Hasil pengukuran waktu tunda (*delay*) yang berada di kisaran 0,18 hingga 0,95 detik menunjukkan bahwa sistem memenuhi parameter waktu tanggap untuk mendukung *early warning system*. Hasil yang tersedia telah memvalidasi *proof-of-concept* komunikasi sistem, meskipun evaluasi keandalan tautan (*link reliability*) secara jangka panjang dan variasi jumlah paket data yang lebih masif masih diperlukan untuk pengujian di masa mendatang [14].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian kuantitatif yang telah dilakukan, pengembangan sistem aplikasi *monitoring* patok perbatasan negara berbasis Android telah berhasil direalisasikan. Sistem ini terbukti mampu

memberikan solusi atas kendala keterbatasan jaringan internet (*blank spot*) yang selama ini dihadapi oleh personel patroli Satgas Pamtas TNI AD melalui penerapan arsitektur komunikasi nirkabel hibrida yang sepenuhnya independen. Secara fungsional, berdasarkan pengujian *blackbox* menggunakan teknik *Equivalence Partitioning*, seluruh modul perangkat lunak—mulai dari keamanan autentikasi (login), interkoneksi perangkat melalui *Bluetooth Low Energy* (BLE), visualisasi data telemetri, hingga perekaman riwayat kejadian luring (*offline logging*) menggunakan basis data SQLite yang dapat diekspor langsung ke format PDF—telah beroperasi secara valid sesuai dengan skenario rancangan.

Pada aspek instrumen perangkat keras, integrasi mikrokontroler LoRa32 TTGO V2.1 dengan rangkaian sensor (MPU6050, AHT20+BMP280, INA219, dan sensor hujan) pada node pemancar (TX) terbukti mampu mengakuisisi data kondisi lingkungan fisik patok secara terukur. Sistem tidak sekadar menampilkan data mentah, melainkan berhasil mengimplementasikan algoritma klasifikasi berbasis aturan ambang batas (*rule-based threshold*) pada sensor kemiringan dan getaran untuk menentukan peringatan dini ke dalam tiga status spesifik secara otomatis, yaitu AMAN, HEWAN, dan DICABUT.

Berdasarkan evaluasi performa jaringan komunikasi secara empiris, transmisi radio LoRa menunjukkan kinerja propagasi dengan jangkauan operasional yang berhasil diamati hingga jarak 250 meter pada area dengan hambatan fisik vegetasi (Non-Line-of-Sight/NLOS). Pada kondisi area terbuka (Line-of-Sight/LOS), jangkauan komunikasi meluas dan dapat diterima hingga jarak pengujian 600 meter sebelum sistem mengalami kehilangan paket data (*packet loss*) secara total. Lebih lanjut, arsitektur sistem ini mampu memproses dan menyajikan pembaruan informasi dengan waktu tanggap yang terukur, dibuktikan oleh pengukuran waktu tunda pengiriman (*end-to-end delay*) yang berkisar antara 0,18 hingga 0,95 detik. Kinerja komprehensif ini menegaskan bahwa sistem yang dirancang berpotensi untuk diimplementasikan sebagai *early warning system* guna mendukung efektivitas pengawasan wilayah teritorial darat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Bhattacharya and A. Roy, "Smart Border Security System using Internet of Things," pp. 1–12.
- [2] D. Gede *et al.*, "PROBLEMATIKA DI DAERAH PERBATASAN ANTARA INDONESIA-TIMOR LESTE".
- [3] E. Tobu and Y. Arman, "Analisis Masalah Pengelolaan Kawasan Perbatasan Antara Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) Dan Negara Timor Leste," vol. 1, no. 5, pp. 10–24, 2023.
- [4] P. Nugini and K. Kunci, "Pengelolaan pengamanan perbatasan indonesia," vol. 1, no. 1, pp. 25–34.
- [5] A. E. Wardana, M. Noor, and A. Azam, "REAL-TIME MONITORING DAN EARLY WARNING SYSTEM KETINGGIAN AIR LAUT BERBASIS IOT (STUDI KASUS : PELABUHAN TANJUNG EMAS SEMARANG)," vol. 8, no. 2, pp. 1921–1931, 2024.
- [6] R. F. License, "Android Application Design with MIT App Inventor for Bluetooth Based Mobile Robot Control," 2021.
- [7] T. S. Utomo, J. Rahimatullah, and A. H. Akbar, "Design and Development of an Android-Based Border Monitoring Application Using MIT App Inventor," *J. Telkommil*, vol. 7, no. 1, pp. 53–58, 2026, doi: 10.54317/kom.v7i1.755.
- [8] A. F. Ghazali and R. Sofian, "PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS WEBSITE MENGGUNAKAN METODE WATERFALL," vol. XVI, 2026.
- [9] A. O. Silalahi, H. M. Panggabean, and T. Del, "SMART AUTOMATED FISH FEEDING BASED ON IOT SYSTEM USING LORA TTGO SX1276 AND CAYENNE PLATFORM," no. 3, pp. 66–79, 2023, doi: 10.21303/2461-4262.2023.002745.
- [10] S. Afifah and B. Utami, "Analisis Performansi Komunikasi LoRa Berdasarkan Variasi Spreading factor untuk Monitoring Lahan Belimbing Abstrak," vol. 12, pp. 46–53, 2026.
- [11] A. Muttaqin and R. A. Setyawan, "Optimasi Daya Baterai Menggunakan Bluetooth Low Energy pada Routing di Wireless Sensor Network," vol. 15, no. 2, pp. 62–67, 2021.
- [12] A. Putradi, K. Hidjah, and N. Sulistianingsih, "Pengembangan Sistem Pakar Menggunakan Metode Rule-Based Reasoning untuk Memprediksi Waktu Pelaksanaan Kegiatan Pertanian dan Melaut Berdasarkan Sistem Penanggalan Wariga," no. September 2025, pp. 420–429.
- [13] D. D. Pebrian, "ALAT UKUR SINYAL LORA UNTUK MENGETAHUI," vol. 13, no. 1, 2025.