

REALISASI *WIRELESS SENSOR NETWORK* LORA UNTUK SISTEM *TRACKING SCOOTER* DI TMII

Jasri Nur Amalia^{1*}, Zulhelman²

^{1,2}Politeknik Negeri Jakarta; Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16424

Received: 11 September 2024
Accepted: 5 Oktober 2024
Published: 12 Oktober 2024

Keywords:

WSN, LoRa, *tracking*,
electric scooter, Antares,
GPS.

Correspondent Email:

jasri.nuramalia.te20@mhsw.p
nj.ac.id

Abstrak. Solusi *tracking* kendaraan yang kuat dan efisien diperlukan untuk mengelola armada skuter listrik di sekitar Taman Mini Indonesia Indah (TMII). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pelacakan berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan menggunakan teknologi LoRa untuk memantau lokasi *scooter* listrik di kawasan Taman Mini Indonesia Indah. Sistem ini menggunakan Lynx32 Development Board, sensor GPS u-blox NEO-7M, DS3231 RTC, dan *buzzer* untuk mengumpulkan data. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat secara efektif melacak lokasi *scooter* listrik dengan akurasi rata-rata 2.87 meter dan tingkat akurasi sekitar 97,13% antara modul GPS dan GPS *smartphone*. Selain itu, data lokasi dan waktu dari sensor dikirim ke *gateway* menggunakan teknologi LoRa dan diproses melalui platform Antares. Namun, perbaikan diperlukan untuk meningkatkan pemantauan lokasi.

Abstract. A robust and efficient vehicle tracking solution is needed to manage the electric scooter fleet around Taman Mini Indonesia Indah (TMII). The purpose of this research is to develop and implement a *Wireless Sensor Network* (WSN) based tracking system using LoRa technology to monitor the location of electric scooters in the Taman Mini Indonesia Indah area. This system uses Lynx32 Development Board, u-blox NEO-7M GPS sensor, DS3231 RTC, and *buzzer* to collect data. The results of this study show that the developed system can effectively track the location of electric scooters with an average accuracy of 2.87 meters and an accuracy rate of about 97.13% between the GPS module and *smartphone* GPS. In addition, the location and time data from the sensors are sent to the gateway using LoRa technology and processed through the Antares platform. However, improvements are needed to enhance location monitoring.

1. PENDAHULUAN

Dengan menawarkan layanan penyewaan *scooter* listrik kepada pengunjungnya, TMII telah mengambil langkah maju. Selain menawarkan pilihan transportasi ramah lingkungan bagi pengunjung, #WajahBaruTMII mengusung empat pilar: *green* (hijau), *inclusive* (inklusif), *culture* (budaya), dan *smart* (pintar).

Pada TMII, Pilar Hijau menghasilkan *ecopark* dengan 70% area adalah taman hijau dengan emisi minimal. Pengunjung dapat menikmati keindahan alam, anjungan, museum, dan wahana dengan menggunakan *scooter* listrik tanpa meninggalkan jejak karbon yang merugikan sekaligus mendukung upaya pelestarian lingkungan. Ini merupakan langkah

konkret untuk memastikan bahwa pengunjung TMII memiliki pengalaman wisata yang bertanggung jawab dan berkelanjutan.

Namun, untuk mengoptimalkan penggunaan dan pemeliharaan scooter listrik di area yang luas seperti TMII, yang memiliki luas 150 hektar, sistem pelacakan yang andal dan efisien diperlukan. Teknologi pelacakan berbasis jangkauan panjang, yang memungkinkan pelacakan kendaraan secara real-time dalam jangkauan yang luas, dapat memberikan solusi yang tepat untuk memantau lokasi dan kondisi *scooter* listrik di seluruh area Taman Mini.

Penelitian sebelumnya melakukan sistem pengawasan, tetapi masih menggunakan modul SIM800L [6]. Selain itu, disarankan agar penelitian berikutnya tidak menggunakan modul ini lagi. Berdasarkan latar belakang yang sudah dipaparkan sebelumnya, sistem ini akan diterapkan pada *scooter* listrik di Taman Mini Indonesia Indah, yang dapat dilacak melalui internet dan menggunakan komunikasi LoRa melalui perangkat Lynx32 LoRa *Development Board*, yang diharapkan dapat berkomunikasi sejauh 1 km atau lebih jauh. Selain itu, *platform* IoT Telkom digunakan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) adalah jaringan nirkabel yang terdiri dari sejumlah node sensor khusus yang terhubung oleh perangkat mikrokontroler dan berfungsi sebagai penghubung antar node. WSN biasanya terdiri dari node-node yang tersebar di lokasi tertentu, dan memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mengidentifikasi sistem lingkungan yang berada di lokasi WSN [2].

2.2 *Lynx32 Development Board*

PT. Telkom Indonesia, juga dikenal sebagai Telkom IoT, adalah departemen Digital and Next Business Divisi Tribe IoT. Di sana, orang dapat mengembangkan dan mendesain perangkat LoRa (*Long Range*), seperti mikrokontroler Arduino Pro Mini LoRa, ESP32 LoRa, dan *Gateway* LoRa, yang telah diinstal di banyak wilayah di Indonesia. Lynx32 memiliki semua fitur yang diperlukan untuk mendukung desain sistem internet of things, seperti

prosesor, penyimpanan, dan akses GPIO (*General Purpose Input Output*). Selain itu, dengan 12 pin I/O, Lynx-32 memiliki modul LoRa pada frekuensi yang memenuhi peraturan frekuensi jaringan LoRa di Indonesia, sehingga memungkinkan pengembangan Lynx-32 menjadi aplikasi pemantauan dan kontrol.

2.3 *LoRa RFM95*

Dalam proyek ini, modul LoRa RFM95 merupakan komponen penting dari sistem komunikasi nirkabel yang digunakan untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT). Sistem pengawasan untuk *scooter* listrik adalah bagian darinya. Modul ini memiliki kemampuan untuk mengirimkan data jarak jauh dengan efisiensi tinggi, yang memungkinkan perangkat beroperasi dalam jangka waktu yang lebih lama dengan menggunakan jumlah daya yang lebih sedikit [2].

2.4 *GPS Ublox Neo-7M*

GPS digunakan secara luas di seluruh dunia untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan informasi tentang posisi, kecepatan, percepatan, dan waktu. Sistem ini memantau posisi dan navigasi melalui satelit dan dirancang untuk memberikan informasi tentang posisi, kecepatan, dan waktu dalam tiga dimensi kepada banyak orang secara bersamaan di seluruh dunia, tanpa bergantung pada cuaca atau waktu [4].

2.5 *Real-Time Clock DS3231*

Real -Time Clock (RTC) adalah jam elektronik yang terdiri dari chip yang dapat menghitung waktu dengan akurat, mulai dari detik hingga tahun, dan juga menjaga dan menyimpan data waktu secara *real time*. Karena jam ini bekerja secara *real time*, *outputnya* dapat disimpan atau dikirim ke perangkat lain melalui sistem antarmuka [7].

2.6 *Buzzer*

Buzzer adalah komponen elektronika yang dapat mengubah arus listrik menjadi energi suara yang dapat didengar oleh manusia. Cara kerjanya adalah, saat arus listrik mengalir melalui komponen, komponen ini akan mengubah arus listrik menjadi energi suara. *Buzzer* ada yang pasif dan aktif. *Buzzer* pasif tidak memiliki suara sendiri, jadi *buzzer* tidak

akan mengeluarkan suara ketika diberi arus listrik. *Buzzer* aktif memiliki suara sendiri, jadi akan mengeluarkan suara ketika diberi arus listrik. *Buzzer* biasanya berfungsi sebagai alarm. Proyek penelitian biasanya menggunakannya untuk mengukur kondisi [3].

2.7 Baterai Lithium

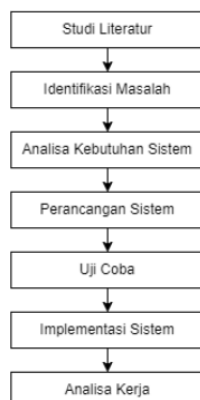
Baterai lithium-ion, tidak seperti baterai NI-Cd dan Ni-MH sebelumnya, tidak mengandung bahan berbahaya yang merugikan lingkungan. Saat ini, berbagai aplikasi, seperti pemutar mp3, ponsel, dan telepon, membutuhkan baterai Lithium-Ion. Karena beratnya yang ringan dan kemampuan mereka untuk digunakan berulang kali, mereka sangat cocok untuk diimplementasikan pada sistem *tracking* kendaraan listrik [4].

2.8 Website

Website adalah kumpulan halaman yang menampilkan data yang disediakan oleh sebuah web server. Website juga dapat disebut sebagai kumpulan halaman yang menampilkan data teks, gambar, animasi, suara, video, dan kombinasi dari semua jenis data ini, baik statis maupun dinamis. Rangkaian bangunan yang saling terkait terdiri dari jaringan halaman atau *hyperlink* yang menghubungkan halaman web ini satu sama lain [1].

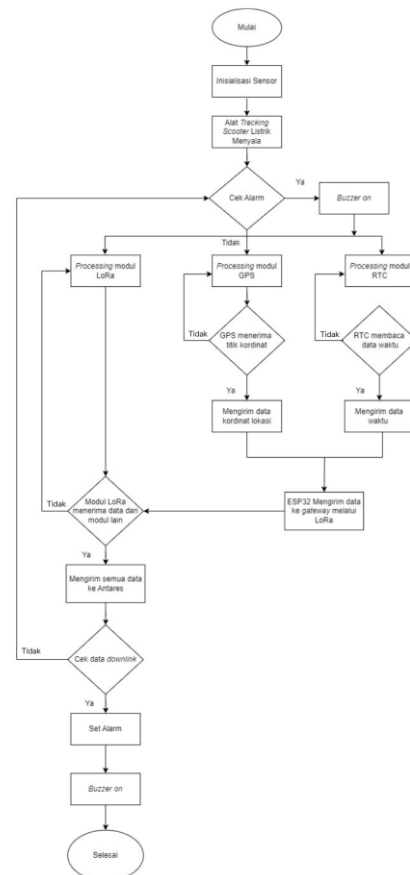
3. METODE PENELITIAN

Studi literatur, Identifikasi masalah, Analisa kebutuhan, Desain dan Perancangan Sistem, Penerapan Sistem, Uji Coba, Implementasi, dan Analisa adalah alur penelitian dapat dilihat pada Gambar.1 dibawah ini yang menjelaskan langkah-langkah penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

Perancangan sistem dari penelitian ini juga dapat dilihat pada Gambar 2. dibawah yang menjelaskan alur dari perancangan alat sistem *tracking* pada jasa penyewaan *scooter* listrik di Taman Mini Indonesia Indah.



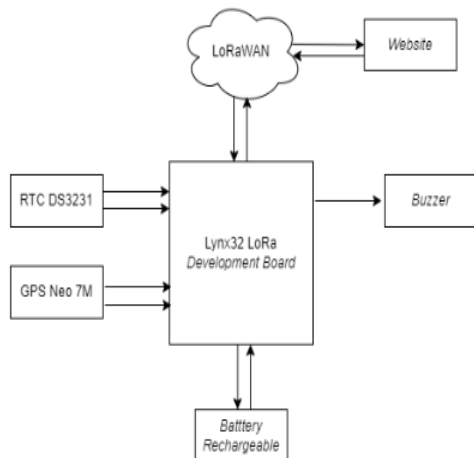
Gambar 2. Flowchart Sistem

3.1. Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem yang dilakukan untuk menerapkan sistem *tracking scooter* listrik berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan teknologi LoRa dijelaskan di sini. Perancangan termasuk menentukan apa yang dibutuhkan, memilih komponen *hardware* dan *software*, dan membuat arsitektur sistem yang mencakup sensor node, gateway, dan platform manajemen data. Untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi sesuai spesifikasi yang diharapkan, tahapan ini juga mencakup integrasi sistem, pengujian awal, dan evaluasi desain.

3.1.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok yang menunjukkan bagaimana komponen utama sistem berhubungan satu sama lain ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

3.1.2 Cara Kerja Sistem

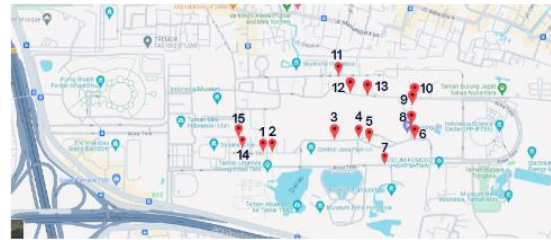
Proses dimulai saat penyewa mengisi data melalui *website*, dengan kartu identitas sebagai jaminan. Setelah data diinput, *buzzer* berbunyi 2x sebagai tanda *scooter* siap digunakan. Sistem menggunakan Lynx32 *Development Board* dengan baterai lithium, terhubung ke modul LoRa yang menghubungkan perangkat ke platform Antares. GPS Ublox Neo7M melacak *scooter* secara *real-time*. Ketika waktu sewa habis, *buzzer* berbunyi 3x sebagai peringatan untuk mengembalikan *scooter* dalam 10 menit, atau penyewa akan dikenakan biaya tambahan. Data lokasi dikirim ke Antares melalui *uplink*, dan petugas dapat melacak *scooter* secara *real-time* melalui *website*. RTC DS3231 memastikan sinkronisasi waktu untuk fungsi alarm dan pengaturan sewa. Sistem ini membuat penyewaan dan pelacakan *scooter* lebih aman dan mudah.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil dari pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem pengejaran kendaraan listrik berbasis LoRa. Setiap pengujian dievaluasi untuk memastikan bahwa sistem beroperasi sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Untuk memudahkan analisis, hasil pengujian ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.1 Pengujian Akurasi Jarak Modul GPS

Pengujian ini dilakukan untuk mengukur akurasi modul GPS Ublox Neo7M dalam menentukan posisi *scooter*. Data akurasi modul GPS dibandingkan dengan data dari GPS yang ada pada *smartphone* aplikasi Google Maps sebagai referensi. Hasil pengujian ini disajikan sesuai lokasi pada Gambar 4 dan ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 4. Titik lokasi pengujian GPS

Hasil pengujian koordinat GPS Neo-7M dan GPS *smartphone* menunjukkan bahwa kedua perangkat menunjukkan akurasi yang sangat baik di beberapa lokasi, dengan perbedaan 0 meter dan selisih 0-6 meter. Di lokasi lain, bagaimanapun, ada perbedaan yang lebih besar, sebesar 8 meter. Ini mungkin karena gangguan sinyal atau hal-hal di sekitarnya, seperti bangunan tinggi. Hasilnya menunjukkan bahwa ada perbedaan jarak rata-rata sebesar 2.87 meter. Akibatnya, kami menemukan tingkat akurasi sebesar 97,13%, dengan asumsi tingkat akurasi sempurna adalah 0 meter secara keseluruhan. Secara keseluruhan, akurasi cukup baik, tetapi ada beberapa area di mana perbaikan sistem pelacakan diperlukan.

Tabel 1. Hasil pengujian akurasi modul GPS

Pengujian ke-	Lokasi	Hasil titik koordinat modul GPS (latitude, longitude)	Hasil titik koordinat Maps (latitude, longitude)	Perbedaan jarak modul GPS (m)
1 (titik awal)	Cireja	-6.303055, 106.893387	-6.303099, 106.893408	3
3	Anjungan Yogyakarta	-6.302558, 106.896561	-6.302558, 106.896560	0
4	Anjungan Bali	-6.302552, 106.897739	-6.302551, 106.897414	2
5	Anjungan Nusa Tenggara Barat	-6.302625, 106.897749	-6.302623, 106.897719	3
6	Halte Istana Anak	-6.302400, 106.899802	-6.302516, 106.899822	2
7	Anjungan Sulawesi Tenggara	-6.303588, 106.900337	-6.3036170, 106.900273	6
8	Istana Anak	-6.302325, 106.899737	-6.302279, 106.899778	5
9	Tentang Kopi TMI	-6.300895, 106.899806	-6.300849, 106.899804	0
10	Anjungan Sulawesi Utara	-6.300837, 106.900002	-6.300840, 106.900010	0
11	Desa Seni	-6.299825, 106.898651	-6.299835, 106.898667	0
12	Anjungan Kalimantan Selatan	-6.300664, 106.897575	-6.300626, 106.897599	0
13	Anjungan Kalimantan Timur	-6.300717, 106.898540	-6.300710, 106.898499	5
14	Bombalur Mini	-6.302618, 106.892532	-6.302594, 106.892528	3
15 (titik akhir)	Art Gallery	-6.302382, 106.892303	-6.302418, 106.892229	8

4.2 Pengujian LoRa

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui bagaimana modul LoRa berfungsi ketika mengirimkan data dari sensor node ke gateway. RSSI (*Received Strength Signal Indicator*) dan SNR (*Signal Noise to Ratio*) adalah parameter yang diukur. Tabel 2 dan Gambar 5 menunjukkan hasil tes ini.

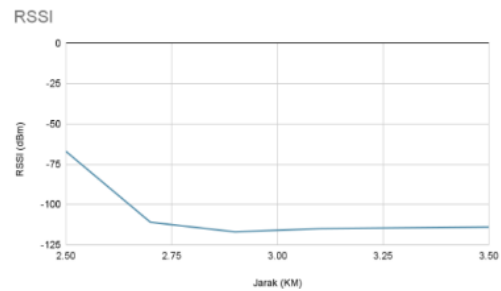


Gambar 5. Titik lokasi pengujian LoRa

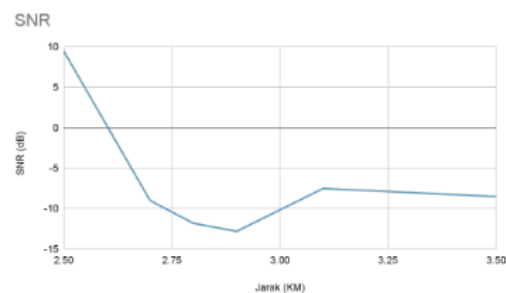
Tabel 2. Hasil pengujian LoRa

Jarak (Km)	RSSI (dBm)	Kategori RSSI	SNR (dB)	Kategori SNR
2,5	-67	Sangat Baik	9.5	Cukup
2,7	-111	Buruk	-9	Buruk
2,8	-114	Buruk	-11.8	Buruk
2,9	-117	Buruk	-12.8	Buruk
3,1	-115	Buruk	-7.5	Buruk
3,5	-114	Buruk	-8.5	Buruk

Berdasarkan hasil pengujian LoRa yang tercantum dalam tabel 2, analisis menunjukkan bahwa RSSI berada pada nilai yang sangat baik, yaitu -67 dBm pada jarak 2,5 km, dan SNR (*Signal Noise to Ratio*) menunjukkan kualitas sinyal yang cukup dengan 9,5 dB. Namun, nilai RSSI menurun drastis seiring berjalannya jarak, menunjukkan sinyal yang semakin lemah.



Gambar 6. Grafik RSSI

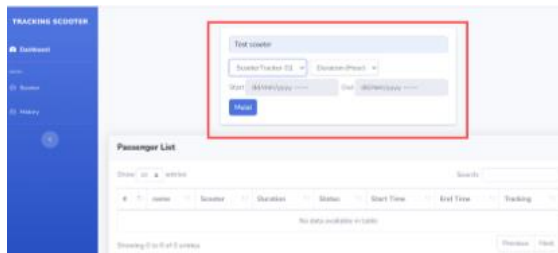


Gambar 7. Grafik SNR

Dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa jarak terbaik untuk komunikasi LoRa dengan kondisi RSSI dan SNR yang baik adalah sekitar 2,5 km. Selain itu, kualitas sinyal dan rasio sinyal terhadap noise menurun secara signifikan di atas jarak ini, terutama pada jarak 2,7 km hingga 2,9 km, di mana terjadi penurunan yang signifikan pada RSSI dan SNR, menunjukkan bahwa LoRa mengalami penurunan performa yang signifikan di jarak ini, dan penurunan yang signifikan pada RSSI dan SNR.

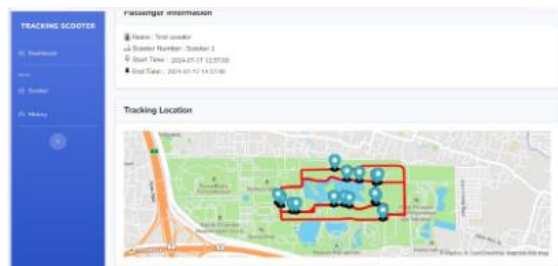
4.3 Pengujian Sistem

Pada Gambar 8 dan menunjukkan proses *input* data dari penyewaan *scooter* dan Gambar 9 hasil pengujian yang dilakukan untuk memastikan integrasi seluruh komponen sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian ini merupakan simulasi penggunaan sistem dari awal penyewaan hingga pengembalian *scooter*.



Gambar 8. Form input data pada website

Sistem diuji untuk memastikan bahwa modul GPS menunjukkan lokasi *scooter* secara langsung di web. Verifikasi tampilan peta, pembaruan posisi *scooter*, dan respons antarmuka pengguna adalah bagian dari proses ini. Pengujian dilakukan sebanyak lima belas kali dengan lokasi yang sama dengan lokasi pengujian GPS. Gambar berikut menunjukkan interface web yang dapat melacak lokasi *scooter* secara *real-time*.



Gambar 9. Live tracking pada website

Semua aspek pengujian sistem tracking *scooter* listrik menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik. Sistem berhasil menyimpan dan menampilkan data penyewa secara akurat di tabel *Passenger List* pada tahap input data dari *website*.

Selain itu, proses *live tracking* yang ditampilkan di *website* memberikan hasil yang memuaskan. Antarmuka web memaparkan posisi *scooter* secara *real-time*. Pengguna dapat melihat posisi *scooter* secara langsung karena pembaruan posisi dilakukan dengan cepat dan tanpa keterlambatan.

Secara keseluruhan, sistem *tracking scooter* listrik menunjukkan bahwa mereka bekerja dengan baik dan efisien. Untuk memenuhi kebutuhan pengguna untuk akurasi data dan kemudahan pemantauan, semua komponen bekerja sama. Sistem ini memenuhi tujuan pengujian dan siap untuk digunakan di dunia nyata.

5. KESIMPULAN

- Sistem pemantauan *scooter* listrik berbasis WSN LoRa dengan platform Antares di Taman Mini Indonesia Indah berhasil dilaksanakan. Ini memungkinkan pemantauan lokasi *scooter* secara *real-time*.
- GPS Neo-7M memiliki akurasi 97,13%, dengan perbedaan rata-rata 2,87 meter dibandingkan dengan GPS *smartphone*. Modul LoRa RFM95 berfungsi dengan baik hingga 2,5 km, tetapi karena hambatan lingkungan, sinyal menurun secara signifikan di jarak 2,7 hingga 2,9 km.
- Sistem ini mampu mengelola data GPS dengan akurat dan menyediakan tracking live melalui website, memenuhi kebutuhan pengguna akan akurasi dan kemudahan pengawasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Abdullah, 7 in 1 Pemrograman Web untuk Pemula, PT Elex Media Komputindo, 2018.
- R. Angriawan and N. Anugraha, "Sistem Pelacak Lokasi Sapi dengan Sistem Komunikasi LoRa," Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi, vol. 9, no. 1, p. 33, 2019. doi: <https://doi.org/10.35585/inspir.v9i1.2494>
- "Antares IoT platform," Antares, Accessed: June 23, 2024. [Online]. Available: <https://antares.id/>
- T. Darmana, F. Annas, and A., "Implementasi Sistem Monitoring Bus Trans Semarang Berbasis LoRa (Long Range)," *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, vol. 32, no. 1, pp. 24–40, 2022. doi: <https://doi.org/10.37277/stch.v32i1.1239>
- M. Gina Salsabila, M. Ary Murti, and A. Zamhuri Fuadi, "Rancang Bangun Komunikasi KWH Meter 3 Fasa Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LoRa," *E-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 2, 2022.
- Q. Indah Saputri, Nurfiana, and N. Sudibyo, "Sistem Tracking Pada Jasa Penyewaan Kendaraan Roda Empat Berbasis Internet Of

- Things (IoT)," **Jurnal Teknik**, vol. 17, no. 1, 2023.
- [7] D. Kusumawati and B. Angga Wiryanto, "Perancangan bel sekolah otomatis menggunakan mikrokontroler AVR ATmega 328 dan real time clock DS3231," **Jurnal Elektronik Sistem Informasi Dan Komputer (JESIK)**, vol. 4, no. 1, 2019.
- [8] D. Maharani, F. Helmiah, and N. Rahmadani, "Penyuluhan Manfaat Menggunakan Internet dan Website Pada Masa Pandemi Covid-19," **Abdiformatika: Jurnal Pengabdian Masyarakat Informatika**, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2021. doi: <https://doi.org/10.25008/abdiformatika.v1i1.130>
- [9] X. Nugraha, L. Srihandayani, and K. Goutama, "Analisis Skuter Listrik Sebagai Kendaraan di Indonesia: Sebuah Tinjauan Hukum Normatif," **SIMBUR CAHAYA Fakultas Hukum Universitas Sriwijaya**, vol. 27, no. 2, 2020. doi: <http://dx.doi.org/10.28946/sc.v27i2.1041>
- [10] M. Nurhamid and A. Widodo, "Penerapan Wireless Sensor Network Untuk Monitoring Lingkungan Menggunakan Modul ESP-WROOM32," **Jurnal IKRAITH-INFORMATIKA**, vol. 5, no. 3, 2021.
- [11] R. S. D. W. Putra, U. A. Ahmad, and R. Rendian, "Perancangan prototype komunikasi berbasis LoRa dalam pengiriman data titik koordinat dan notifikasi SOS (Save Our Soul)," **E-Proceeding of Engineering**, vol. 9, no. 3, 2022.
- [12] G. D. Ramady, H. Yusuf, R. Hidayat, A. G. Mahardika, and N. Sri Lestari, "Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendeteksi dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino," **Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI**, vol. 6, no. 2, 2020. doi: <https://doi.org/10.31294/jtk.v4i2>
- [13] Q. I. Saputri, N. H. Sudibyo, N. Nurfiana, and R. D. Handayani, "Sistem Tracking pada Jasa Penyewaan Kendaraan Roda Empat Berbasis Internet of Things (IoT)," **Jurnal Teknik**, vol. 17, no. 1, 2023.
- [14] "Sistem Personal Pemantauan Posisi, Kecepatan dan Penunjuk Arah Digital Berbasis Mikrokontroler," **Jurnal Sains dan Informatika**, vol. 8, no. 2, pp. 70–76, 2022. doi: <https://doi.org/10.22216/jsi.v8i2.1691>
- [15] A. Azhar, "Implementasi Purwarupa Wireless Sensor Network untuk Monitoring dan Penyiraman Otomatis pada Tanaman Mint Menggunakan ESP32 Berbasis IoT-LoRa," **Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)**, vol. 12, no. 3, 2022. doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4678>