

IMPLEMENTASI SMART PARKING BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN INTEGRASI LORA DAN LIDAR

Musa Al Kazhim¹, Busran², Eko Kurniawanto Putra³, Indra Warman⁴, Anna Syahrani⁵

^{1,2,3,4,5} Institut Teknologi Padang, Indonesia

Email: musaalkazhim65@gmail.com



DOI: <https://doi.org/10.34125/jkps.v10i3.832>

Sections Info

Article history:

Submitted: 23 July 2025

Final Revised: 11 August 2025

Accepted: 16 August 2025

Published: 24 September 2025

Keywords:

Smart parking

Wireless Sensor Network

LoRa

LIDAR

Transportation Management



ABSTRACT

In response to this critical issue, this study aims to implement and evaluate a prototype of a smart parking system based on a Wireless Sensor Network (WSN), integrating Long Range (LoRa) communication and Light Detection and Ranging (LIDAR) technology. A quantitative experimental approach was employed in developing the system, where the prototype was designed using the TF Luna LIDAR sensor for precise vehicle detection, the LoRa RA-02 module as a long-range wireless communication medium between nodes, an Arduino Nano or ESP32 microcontroller as the data processing unit, and infrared (IR) sensors to detect gate barrier conditions. Comprehensive testing was conducted in a simulated parking area to measure vehicle detection accuracy, sensor response time, and wireless communication efficiency. The results demonstrate highly promising performance: the LoRa RA-02 module successfully transmitted data stably up to approximately 200 meters in a basement environment, proving its superiority in coverage and power efficiency compared to conventional wireless technologies. The TF Luna LIDAR sensor achieved high detection accuracy with an average measurement error of only about 1–2 cm, making it more reliable than ultrasonic sensors, although precise placement was required due to its 1.5-meter range limitation.

ABSTRAK

Menanggapi isu krusial ini, penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi prototipe sistem parkir pintar berbasis Wireless Sensor Network (WSN) yang inovatif dengan mengintegrasikan teknologi LoRa dan Light Detection and Ranging (LIDAR). Pendekatan eksperimen kuantitatif diterapkan dalam pengembangan sistem, di mana prototipe dirancang menggunakan sensor TF Luna LIDAR untuk deteksi keberadaan kendaraan secara presisi, modul LoRa RA-02 sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh antar node, mikrokontroler Arduino Nano atau ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta sensor inframerah (IR) untuk mendeteksi kondisi palang pintu keluar. Pengujian sistem dilakukan secara komprehensif di area parkir simulasi untuk mengukur akurasi deteksi kendaraan, waktu respons sensor, dan efisiensi komunikasi nirkabel. Hasil pengujian menunjukkan kinerja yang sangat menjanjikan: modul LoRa RA-02 mampu mengirimkan data secara stabil hingga jarak kurang lebih 200 meter di lingkungan basement, membuktikan keunggulannya dalam jangkauan luas dan efisiensi daya dibandingkan teknologi nirkabel konvensional. Sensor TF Luna LIDAR mencapai akurasi deteksi yang tinggi dengan rata-rata error pengukuran hanya kurang lebih 1-2 cm, menjadikannya lebih andal dari sensor ultrasonik, meskipun penempatan presisi diperlukan karena keterbatasan jangkauan 1.5 meter.

Kata kunci: Smart parking, Wireless Sensor Network, LoRa, LIDAR, Manajemen Transportas

PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan di Indonesia mengalami peningkatan signifikan setiap tahunnya, khususnya di daerah perkotaan. Hal ini menimbulkan berbagai permasalahan, salah satunya adalah keterbatasan lahan parkir yang tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang terus bertambah. Memicu kemacetan, meningkatnya emisi kendaraan, serta menurunnya kenyamanan pengguna jalan dan pengunjung pusat perbelanjaan. Permasalahan tersebut juga berdampak pada efisiensi waktu pengguna kendaraan dalam mencari lahan parkir. Solusi pengelolaan parkir yang lebih modern dan efisien menjadi kebutuhan mendesak di berbagai kota besar (Haryanto, 2019).

Keterbatasan lahan parkir tidak hanya menimbulkan kesulitan bagi pengendara, berimplikasi pada sektor ekonomi dan lingkungan. Waktu yang terbuang dalam mencari lahan parkir dapat menurunkan produktivitas masyarakat, sedangkan konsumsi bahan bakar yang berlebihan meningkatkan pencemaran udara. Data dari Kementerian Perhubungan menunjukkan bahwa sekitar 30% kemacetan di pusat kota disebabkan oleh aktivitas mencari parkir (Kemenhub, 2020). Kondisi ini mengindikasikan bahwa sistem parkir konvensional sudah tidak lagi memadai dalam mengatasi masalah transportasi perkotaan. Inovasi dalam bidang manajemen parkir menjadi sangat relevan untuk diwujudkan (Fauzi, 2021).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan parkir, termasuk penerapan sistem parkir berbasis sensor dan teknologi informasi. Sistem parkir konvensional umumnya menggunakan petugas lapangan untuk mengarahkan kendaraan, namun cara ini tidak efisien dan rawan kesalahan manusia. Perkembangan teknologi digital mendorong munculnya sistem parkir otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT). Teknologi IoT memungkinkan data ketersediaan lahan parkir dikirimkan secara *real-time* kepada pengguna kendaraan. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi yang akurat mengenai *slot* parkir yang tersedia (Prasetyo et al., 2021).

Beberapa penelitian terdahulu telah memanfaatkan berbagai sensor untuk membangun sistem parkir pintar. Misalnya, penggunaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan kendaraan dalam *slot* parkir. Penelitian lain juga memanfaatkan kamera dengan pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi kendaraan yang terparkir. Teknologi RFID (*Radio Frequency Identification*) telah digunakan untuk mengatur keluar-masuk kendaraan pada area parkir tertentu (Santoso & Wibowo, 2020). Setiap teknologi memiliki keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam implementasi lapangan.

Kelemahan utama dari sensor ultrasonik adalah keterbatasan jarak deteksi serta pengaruh faktor lingkungan seperti cuaca dan cahaya. Sementara itu, sistem berbasis kamera memerlukan biaya implementasi yang cukup tinggi, serta membutuhkan pengolahan data yang kompleks. Teknologi RFID meskipun efektif dalam identifikasi kendaraan, belum mampu memberikan informasi detail mengenai ketersediaan *slot* parkir. Kekurangan-kekurangan tersebut mendorong perlunya pengembangan teknologi alternatif yang lebih andal, hemat energi, dan efisien dalam mendeteksi kendaraan (Setiawan, 2018).

Wireless Sensor Network (WSN) menjadi salah satu solusi yang potensial dalam membangun sistem parkir pintar. WSN memungkinkan komunikasi antar *node* sensor secara *nirkabel* dengan cakupan yang luas. Selain itu, integrasi dengan teknologi komunikasi seperti LoRa (*Long Range*) memberikan keuntungan berupa jangkauan yang lebih jauh dengan konsumsi daya yang rendah (Rahman et al., 2020). Keunggulan WSN berbasis LoRa sesuai untuk diterapkan dalam sistem parkir modern yang membutuhkan efisiensi energi serta kestabilan komunikasi data.

Keakuratan dalam mendeteksi kendaraan juga merupakan faktor dalam sistem parkir

pintar. Penggunaan sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*) memberikan akurasi pengukuran jarak yang lebih baik dibandingkan sensor ultrasonik (Musa, 2023). LIDAR mampu mengukur jarak dengan ketelitian hingga beberapa sentimeter dan relatif tidak terpengaruh oleh kondisi cahaya. Kombinasi sensor LIDAR dengan sensor inframerah (IR) memungkinkan sistem mendeteksi kendaraan secara lebih presisi. Hal ini membedakan sistem parkir berbasis LIDAR dari penelitian-penelitian sebelumnya yang masih mengandalkan sensor ultrasonik (Widodo, 2019).

Inovasi lain yang perlu diperhatikan adalah integrasi perangkat keras dengan sistem informasi. Melalui pemanfaatan mikrokontroler seperti Arduino, sensor dapat dikoneksikan dengan modul LoRa untuk mengirimkan data secara *real-time*. Informasi mengenai ketersediaan lahan parkir kemudian dapat ditampilkan pada aplikasi atau layar informasi di area parkir. Pengguna kendaraan memperoleh kemudahan dalam mencari *slot* parkir yang kosong. Dapat meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi kemacetan di area parkir (Putra & Andriani, 2021).

Penelitian ini berfokus pada implementasi *smart parking* berbasis WSN dengan integrasi LoRa dan LIDAR. Penelitian dilakukan dengan studi kasus pada area parkir Transmart Padang sebagai contoh penerapan nyata di lapangan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan kombinasi sensor LIDAR dan LoRa yang belum banyak diterapkan pada penelitian sebelumnya. Dengan memanfaatkan keunggulan kedua teknologi tersebut, sistem parkir pintar yang dirancang diharapkan mampu meningkatkan akurasi deteksi kendaraan sekaligus menjangkau komunikasi data jarak jauh secara efisien. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan solusi *smart city*, khususnya dalam manajemen transportasi perkotaan

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen, bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi prototipe *Smart parking* berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) yang mengintegrasikan teknologi LoRa dan LiDAR. Pendekatan eksperimen dipilih karena memungkinkan pengendalian variabel dan pengukuran performa sistem secara objektif, khususnya dalam hal akurasi deteksi kendaraan, waktu respons sensor, dan efisiensi komunikasi nirkabel secara *real-time*. Metode ini juga mendukung evaluasi integrasi sensor dan jaringan dalam sistem *Smart parking* yang efisien dan dapat diandalkan.

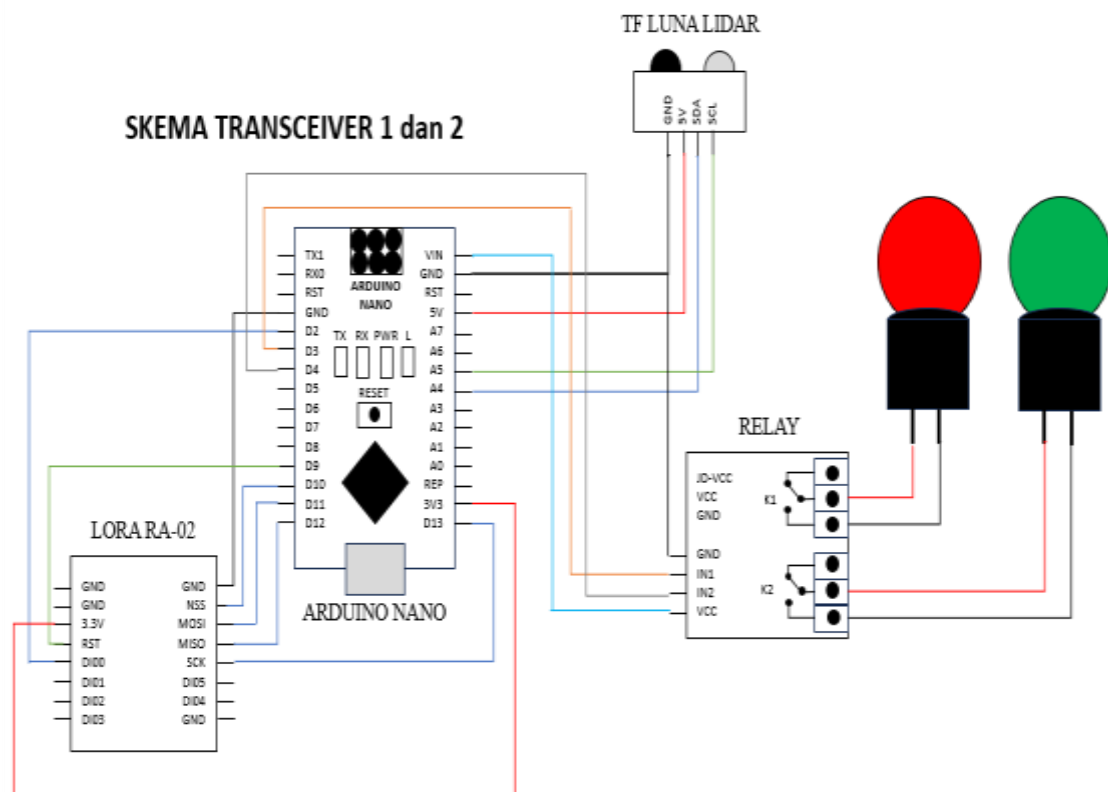
Subjek penelitian adalah prototipe sistem *Smart parking* yang terdiri dari sensor LiDAR untuk mendeteksi kendaraan, modul LoRa sebagai media komunikasi antar *node* dan *gateway*, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data, serta perangkat lunak monitoring untuk menampilkan status *slot* parkir secara *real-time*. Area parkir simulasi digunakan sebagai lingkungan uji untuk meniru kondisi nyata, mencakup situasi parkir penuh, setengah penuh, maupun kosong. Penggunaan area simulasi ini memungkinkan pengukuran performa sistem secara terkendali dan komprehensif.

Instrumen penelitian meliputi sensor LiDAR yang berfungsi untuk mendeteksi posisi kendaraan secara presisi, modul LoRa sebagai media komunikasi nirkabel jarak jauh, mikrokontroler ESP32 yang mengolah data sensor dan mengirimkannya ke *server*, serta perangkat lunak monitoring untuk menampilkan status *slot* parkir. Alat tambahan, seperti multimeter dan *stopwatch*, digunakan untuk memeriksa kestabilan sensor dan mengukur waktu respons sistem. Kombinasi instrumen ini memastikan data yang diperoleh valid, konsisten, dan dapat dianalisis secara objektif.

Data dikumpulkan melalui pengukuran langsung sensor LiDAR, pemantauan

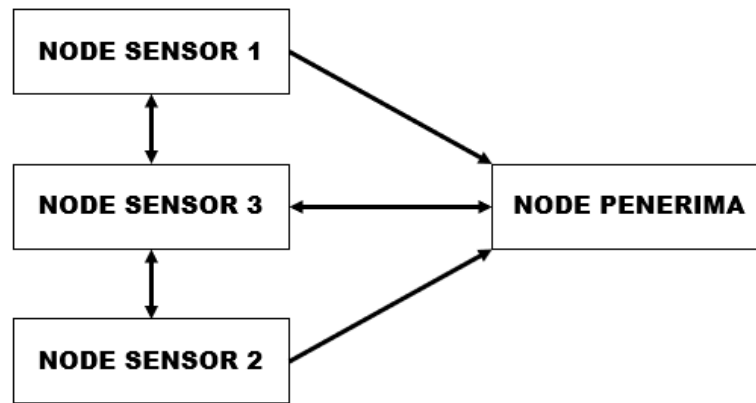
komunikasi LoRa, serta pencatatan data *real-time* melalui perangkat lunak *monitoring*. Variabel yang dikumpulkan meliputi akurasi deteksi kendaraan, waktu respons sensor, efisiensi transmisi LoRa, dan kondisi *slot* parkir. Setiap pengukuran dilakukan secara berulang untuk memperoleh data yang stabil dan mengurangi kesalahan pengukuran, sehingga analisis performa sistem menjadi lebih akurat.

Prosedur penelitian dimulai dengan perancangan prototipe, penempatan sensor LiDAR pada lokasi parkir simulasi, konfigurasi modul LoRa dan mikrokontroler ESP32, serta persiapan perangkat lunak *monitoring*. Setelah itu dilakukan pengujian awal untuk memastikan semua komponen berfungsi sesuai rencana. Tahap pengumpulan data dilakukan dengan menjalankan sistem, mendeteksi kendaraan, dan merekam status *slot* parkir secara *real-time*. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil sensor dengan kondisi nyata, sehingga akurasi deteksi dan efisiensi transmisi dapat dievaluasi secara menyeluruh.



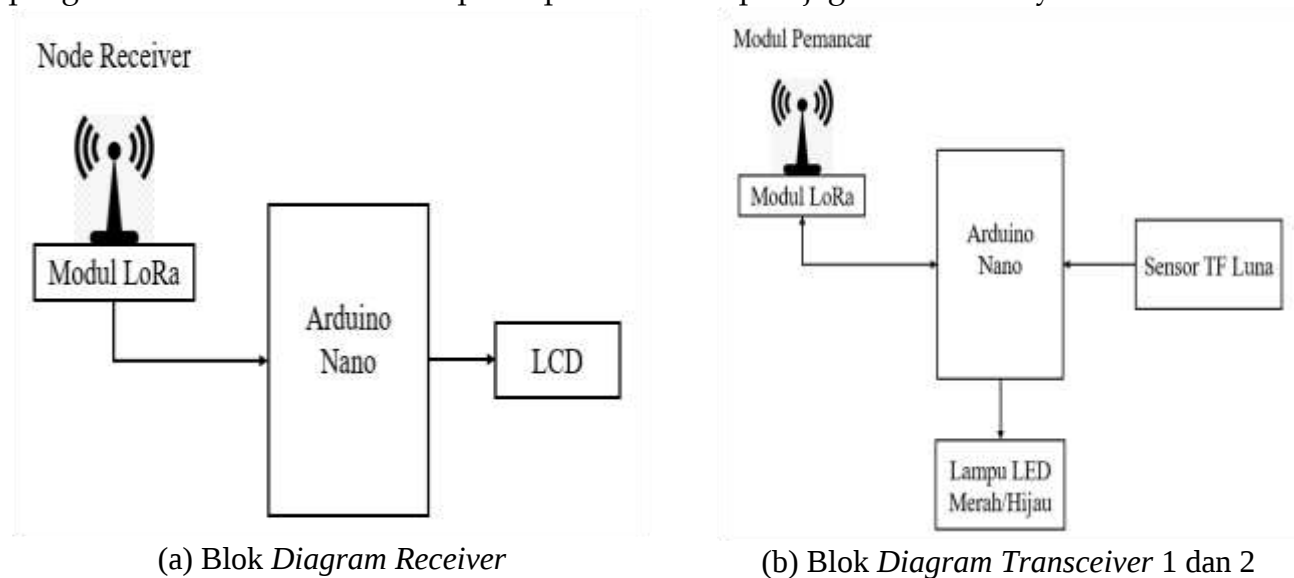
Gambar 1. Skema Rancangan Sistem

Rancangan sistem *smart parking* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem terdiri atas tiga *node transceiver* dan satu *node receiver*. *Transceiver* 1 dan 2 dilengkapi dengan sensor TF Luna LIDAR untuk mendeteksi keberadaan kendaraan pada *slot* parkir. Hasil deteksi kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino Nano dan dikirimkan melalui modul LoRa RA-02 menuju *receiver*. *Transceiver* 3 menggunakan sensor infrared (IR) untuk mendeteksi kondisi palang pintu keluar. Seluruh informasi yang dikirimkan oleh *node transceiver* diterima oleh *receiver*, kemudian ditampilkan pada LCD I2C 20x4 sebagai informasi jumlah *slot* parkir yang tersedia.



Gambar 2. Topologi jaringan

Komunikasi antar *node* digambarkan pada Gambar 2 yang menunjukkan topologi jaringan mesh. Dengan topologi setiap *transceiver* dapat berkomunikasi langsung dengan *receiver* tanpa bergantung pada jalur tunggal. Pemilihan topologi mesh bertujuan agar sistem tetap dapat berjalan stabil meskipun terdapat hambatan fisik di area *basement*, sehingga pengiriman data dari sensor ke pusat penerima tetap terjaga keandalannya.



Gambar 3. Blok diagram sistem

Hubungan antar komponen dijelaskan lebih detail pada Gambar 3 yang menampilkan blok diagram sistem. Pada bagian (a), blok diagram *receiver* menunjukkan alur penerimaan data dari *transceiver* melalui LoRa, kemudian diproses oleh Arduino Nano, dan hasilnya ditampilkan pada LCD. Sementara itu, bagian (b) memperlihatkan blok diagram *transceiver* 1 dan 2, di mana sensor TF Luna LIDAR membaca kondisi *slot* parkir, Arduino Nano mengolah data tersebut, dan modul LoRa mengirimkan informasi ke *receiver*. Output visual berupa LED merah atau hijau berfungsi sebagai indikator status *slot* (terisi atau kosong).



Gambar 4. Flowchart sistem

Alur logika kerja sistem dijelaskan lebih lanjut pada Gambar 4 berupa *flowchart* sistem. Proses dimulai dari pembacaan sensor LIDAR maupun IR. Jika kendaraan terdeteksi pada *slot*, maka LED merah akan menyala, sedangkan jika kosong LED hijau menyala. Data hasil pembacaan dikirimkan melalui LoRa menuju *receiver*. *Receiver* kemudian memproses data yang diterima dan menampilkannya secara *real-time* pada LCD. Dengan alur ini, sistem mampu memberikan informasi ketersediaan *slot* parkir dengan cepat dan akurat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada sistem parkir berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) terdapat satu *node Receiver* dan tiga *node Transceiver* yang saling terhubung melalui komunikasi nirkabel menggunakan modul LoRa Ra-02. Setiap *node* memiliki peran yang berbeda namun saling melengkapi agar sistem dapat berjalan dengan baik. Ketika ada kendaraan masuk ke *basement*, *node Transceiver* 1 dan *node Transceiver* 2 yang dipasang di area *slot* parkir akan bekerja. Keduanya menggunakan sensor TF Luna LIDAR untuk membaca kondisi *slot* parkir. Jika ada kendaraan yang parkir, data akan dikirim ke *node Receiver* dan *node Transceiver* 3 menggunakan LoRa RA-02. Selain itu, *node Transceiver* ini juga punya lampu LED sebagai indikator. Jika *slot* terisi, lampu LED menyala merah. Sedangkan *slot* kosong, LED menyala hijau.

Node Transceiver 3 ditempatkan pada area palang keluar kendaraan. *Node* menggunakan sensor InfraRed (IR) untuk mendeteksi pintu palang parkir. Selain mengolah data dari sensor IR dan mengirimnya kepada *node Receiver* serta *node Transceiver* 1 dan 2, *Transceiver* 3 juga menerima data dari *Transceiver* 1 dan 2. Dengan demikian, *Transceiver* 3 memiliki dua fungsi, yaitu mendeteksi pintu palang keluar lalu mengirim data ke *node Receiver* serta *Transceiver* 1 dan 2 sekaligus menggabungkan informasi status parkir yang diterimanya dari *Transceiver* 1 dan 2. *Node Receiver* bertindak sebagai pusat monitoring. *Node* ini menerima seluruh data dari *Transceiver* 1, 2, dan 3. Informasi yang diterima ditampilkan pada LCD berupa status ketersediaan *slot* parkir dan kondisi palang keluar.



Gambar 5. Hasil Implementasi Sistem

Gambar 5 mendokumentasikan pemasangan satu *node Receiver* dan tiga *node Transceiver* di area parkir pada titik yang berbeda. Penempatan tersebut dirancang sebagai strategi distribusi pemantauan, di mana setiap *node* memiliki peran dalam mendukung sistem parkir.

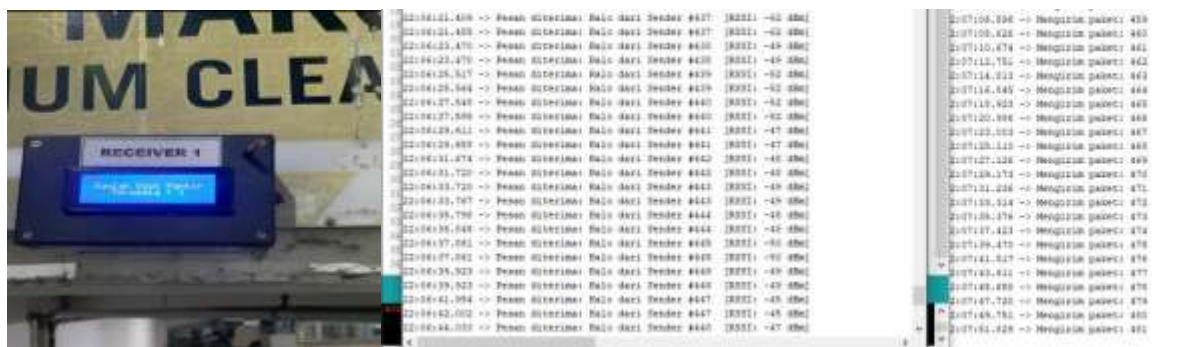
Tabel 1. Hasil Pengujian LoRa

Pengujian	Jarak (m)	Data <i>Transceiver</i> 1 dan 2	Data <i>Receiver</i>	Data <i>Transceiver</i> 3	Status
1	10	Terkirim	Diterima	Diterima	Sukses
2	100	Terkirim	Diterima	Diterima	Sukses
3	130	Terkirim	Diterima	Diterima	Sukses
4	200	Terkirim	Diterima	Diterima	Sukses
5	250	Terkirim	Diterima	Diterima	Delay 2-3 detik

6	300	Terkirim	Diterima	Diterima	Delay >5 detik
---	-----	----------	----------	----------	----------------

Pengujian Tabel 1 dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana perangkat komunikasi berbasis LoRa dapat mengirim dan menerima data pada berbagai jarak. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa pada jarak 10 hingga 200 meter proses pengiriman dan penerimaan data berlangsung dengan baik tanpa adanya gangguan, sehingga status komunikasi dinyatakan berhasil. Namun, pada jarak 250 meter masih terjadi penerimaan data, tetapi dengan adanya keterlambatan waktu (*delay*) sekitar 2-3 detik. Sementara itu, pada jarak 300 meter pengiriman data tetap berlangsung, namun keterlambatan penerimaan meningkat dengan *delay* lebih dari 5 detik. Hasil menunjukkan bahwa perangkat mampu berkomunikasi dengan sukses hingga jarak 200 meter, sedangkan pada jarak lebih dari 200 meter masih memungkinkan untuk digunakan, namun dengan penurunan performa berupa peningkatan *delay*.

Setelah pengujian awal berhasil, dilakukan pengujian lanjutan dengan menggunakan tiga *node Transceiver* yang mengirimkan data ke satu *node Receiver* 1. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi konsistensi komunikasi serta mengukur tingkat kehilangan data (*packet loss*) pada sistem komunikasi *multi-node* dalam konfigurasi tiga *Transceiver* dan satu *Receiver*.



(a) Pengujian Komunikasi Modul LoRa Ra-02 (b) Pembacaan data komunikasi modul LoRa Ra-02

Gambar 6. Hasil Pengujian LoRa

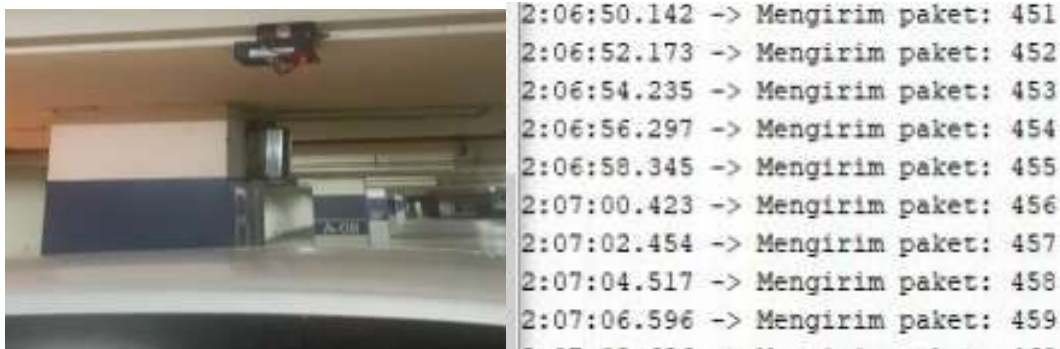
Gambar 6 (a) bertujuan untuk mengevaluasi jangkauan dan stabilitas komunikasi modul LoRa pada frekuensi 433 MHz dalam kondisi lingkungan tertutup di dalam *basement*, yang memiliki hambatan berupa dinding beton dan struktur bangunan lainnya. LoRa dipilih karena kemampuannya mentransmisikan data dengan konsumsi daya rendah dan toleransi yang tinggi terhadap gangguan sinyal. Pada pengujian ini, *node Transceiver* 1 mengirimkan data dengan *delay* 3 detik ke *node Receiver*. Hasil yang diperoleh digunakan untuk menganalisis kualitas sinyal, tingkat keberhasilan pengiriman data, serta dampak dari hambatan fisik terhadap performa komunikasi.

Gambar 6 (b) menampilkan hasil pengujian komunikasi data menggunakan modul LoRa RA-02 yang dipantau melalui *Serial Monitor* Arduino IDE. Pada bagian *Transceiver* 1 terlihat proses transmisi data secara berurutan, ditandai dengan informasi "Mengirim paket: xxx" sebagai penanda nomor urut paket yang dikirim. Sedangkan pada bagian *Receiver* ditunjukkan pesan yang berhasil diterima berupa "Pesan diterima: Halo dari Sender #xxx", lengkap dengan nilai *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) sebagai indikator kekuatan sinyal. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem LoRa mampu mengirim dan menerima data dengan lancar.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Lidar.

Pengujian	Jarak (cm)	Refrensi (cm)	Selisih (cm)
1	49	50	1
2	99	100	1
3	149	150	1
4	299	300	1
5	498	500	2

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian dengan lima kali percobaan pada jarak berbeda, yaitu 50 cm, 100 cm, 150 cm, 300 cm, dan 500 cm. Hasil pengukuran sensor TF Luna menunjukkan nilai yang sangat mendekati nilai referensi, dengan selisih antara 1 hingga 2 cm. Selisih terkecil sebesar 1 cm terjadi pada pengukuran jarak 50 cm hingga 300 cm, sedangkan selisih terbesar sebesar 2 cm terjadi pada pengukuran jarak 500 cm. Hasil tersebut membuktikan bahwa sensor TF Luna memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi jarak dengan tingkat error yang relatif kecil. Dengan demikian, sensor layak digunakan pada sistem parkir cerdas untuk mendeteksi keberadaan kendaraan, karena mampu memberikan hasil pengukuran jarak secara presisi.



(a) Pengujian Sensor TF Luna LIDAR (b) Pembacaan data Sensor TF Luna LIDAR
Gambar 7. Hasil Pengujian Lidar

Pada Gambar 7 Pengujian sensor TF Luna dipasang pada bagian *plafon* dengan posisi menghadap ke bawah menuju area *slot* parkir kendaraan. Sensor dihubungkan dengan mikrokontroler Arduino Nano yang berfungsi sebagai pengolah data, serta terintegrasi dengan indikator lampu LED berwarna merah dan hijau. Mekanisme kerja sistem yaitu ketika sensor tidak mendeteksi objek di bawahnya, maka lampu indikator akan menyala hijau yang menandakan *slot* parkir dalam kondisi kosong. Sebaliknya, apabila sensor mendeteksi keberadaan kendaraan pada jarak tertentu, maka lampu indikator akan berubah menjadi merah yang menandakan *slot* parkir telah terisi.

Dengan kondisi *basement* yang statis dan minim variabel pengganggu, pengujian ini dapat memberikan gambaran nyata terhadap performa sensor TF Luna dalam mendeteksi kendaraan. Hasil pengujian di lingkungan *basement* dapat digunakan sebagai dasar analisis sistem sebelum diterapkan secara menyeluruh di area parkir sesungguhnya.

Gambar 7 menunjukkan hasil keluaran sensor yang ditampilkan berupa informasi pengiriman paket data dengan penomoran secara berurutan, mulai dari paket 451 hingga 459. Setiap paket dikirim dengan jeda waktu 3 detik sesuai dengan konfigurasi *delay* pada program. Tampilan tersebut menandakan bahwa sensor TF Luna berhasil membaca jarak dan mengirimkan data melalui komunikasi serial ke mikrokontroler Arduino Nano, kemudian ditampilkan ke Serial Monitor.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor Infrared.

Pengujian	Jarak (cm)	Refrensi (cm)	Selisih (cm)
1	5	5	0
2	10	10	0
3	15	15	0

Tabel 3 menampilkan jarak deteksi, kondisi *slot* parkir, dan tingkat akurasi sensor. Data tabel mendukung analisis kinerja sensor, serta memungkinkan pembaca menilai efektivitas sensor IR dalam kondisi simulasi yang berbeda. Tabel ditempatkan setelah gambar untuk memberikan penjelasan kuantitatif yang rinci terkait performa sensor.



Gambar 8. Hasil Pengujian IR

Gambar 8 pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor IR dalam mengukur jarak antara palang ke sensor saat terjadi buka tutup pada palang pintu keluar parkir dan membandingkannya dengan pengaris untuk mengetahui ke akurasian sensor.

Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan selanjutnya dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem *smart parking* berbasis *Wireless Sensor Network*. Analisis difokuskan pada tiga aspek utama, yaitu keandalan komunikasi data menggunakan LoRa, tingkat akurasi sensor LIDAR dalam mendeteksi kendaraan, serta efektivitas sensor *infrared* untuk mendukung fungsi palang pintu. Integrasi keseluruhan sistem juga dibahas guna menilai kemampuan alat dalam menampilkan informasi ketersediaan *slot* parkir secara *real-time*. Dari analisis ini kemudian ditarik kelebihan, keterbatasan, dan kebaruan sistem dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

1. Kinerja LoRa sebagai Media Komunikasi WSN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul LoRa RA-02 mampu mengirimkan data sensor secara stabil hingga jarak ± 200 meter pada kondisi *basement*. Membuktikan bahwa LoRa dapat menjadi solusi komunikasi *Wireless Sensor Network (WSN)* untuk sistem *smart parking* yang membutuhkan jangkauan luas dengan konsumsi daya rendah. Dibandingkan teknologi lain seperti *Wi-Fi* dan Bluetooth yang hanya efektif pada jarak < 50 meter, LoRa lebih unggul dalam penetrasi sinyal dan efisiensi energi. Dengan demikian, LoRa dinilai sesuai untuk implementasi komunikasi antar *node* pada sistem parkir berbasis sensor.

2. Akurasi Sensor LIDAR dalam Deteksi Kendaraan

Pengujian sensor TF Luna LIDAR menunjukkan tingkat akurasi tinggi dengan rata-rata error hanya $\pm 1-2$ cm. Dengan ambang batas 150 cm, sensor mampu membedakan kondisi

slot parkir kosong atau terisi secara konsisten. Membuktikan bahwa LIDAR lebih andal dibandingkan sensor ultrasonik yang sering digunakan pada penelitian sebelumnya, di mana tingkat kesalahannya relatif lebih tinggi. Keterbatasan LIDAR terletak pada jangkauan maksimal sekitar 1,5 meter sehingga pemasangan sensor harus dilakukan secara presisi agar tidak menimbulkan kesalahan deteksi.

3. Efektivitas Sensor Infrared untuk Palang Pintu

Sensor infrared (IR) pada *transceiver* pintu keluar terbukti bekerja dengan baik pada jarak 5-15 cm dengan tingkat keberhasilan 100%. Sensor efektif untuk mendeteksi kondisi palang pintu yang terbuka atau tertutup, sehingga dapat menunjang sistem parkir secara menyeluruh. Keunggulan IR adalah sederhana, murah, dan mudah diimplementasikan. Sensor memiliki keterbatasan, yakni sensitif terhadap cahaya luar yang berpotensi menyebabkan *false detection*. Keterbatasan tidak berpengaruh signifikan karena cahaya luar relatif minim.

4. Integrasi Sistem Smart parking

Integrasi antara sensor, Arduino Nano, LoRa, dan *receiver* berhasil bekerja secara *real-time*. Data yang dikirimkan dari *transceiver* diterima oleh *receiver*, kemudian ditampilkan pada LCD I2C 20x4 dan diindikasikan melalui LED merah/hijau. Sistem ini mampu memberikan informasi ketersediaan *slot* parkir secara cepat dan mudah dipahami oleh pengguna. Keunggulan sistem ini terletak pada akurasi deteksi sensor, komunikasi data yang stabil, dan konsumsi daya yang rendah. Sistem masih memiliki keterbatasan, yaitu belum terhubung dengan aplikasi mobile atau web serta pengujian hanya dilakukan dalam skala kecil pada lingkungan *basement*.

Dibandingkan penelitian sebelumnya yang menggunakan sensor ultrasonik dengan komunikasi *Wi-Fi* atau NRF24L01, penelitian ini menawarkan kombinasi baru antara LoRa dan LIDAR. LoRa memberikan keunggulan pada sisi komunikasi data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah, sedangkan LIDAR memberikan akurasi tinggi dalam deteksi kendaraan. Kombinasi memberikan solusi lebih efektif untuk sistem *smart parking* indoor, terutama di area *basement* yang memiliki keterbatasan sinyal dan membutuhkan deteksi presisi.

KESIMPULAN

Penelitian berhasil mengimplementasikan dan mengevaluasi prototipe sistem parkir pintar berbasis *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan mengintegrasikan teknologi LoRa dan *Light Detection and Ranging* (LIDAR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul LoRa RA-02 mampu memfasilitasi komunikasi data sensor secara stabil hingga jarak kurang lebih 200 meter dalam kondisi *basement*, mengindikasikan kapabilitasnya sebagai solusi WSN yang efisien energi dan memiliki jangkauan luas. Sensor TF Luna LIDAR terbukti memiliki akurasi tinggi dalam deteksi kendaraan, dengan rata-rata error pengukuran sebesar kurang lebih 1-2 cm, yang secara signifikan lebih *presisi* dibandingkan sensor ultrasonik. Meskipun demikian, jangkauan operasional LIDAR yang terbatas hingga sekitar 1.5 meter memerlukan penempatan sensor yang cermat. Sensor inframerah (IR) pada *transceiver* pintu keluar menunjukkan efektivitas 100% dalam mendeteksi kondisi palang pintu pada jarak 5-15 cm, mendukung fungsionalitas sistem secara keseluruhan. Integrasi komponen-komponen sensor, mikrokontroler Arduino Nano, modul LoRa, dan *receiver* berfungsi secara *real-time*, menyediakan informasi ketersediaan *slot* parkir yang akurat dan mudah diakses melalui tampilan LCD dan indikator LED. Sistem menawarkan keunggulan dalam akurasi deteksi, stabilitas komunikasi, dan efisiensi daya, penelitian mengidentifikasi keterbatasan berupa belum adanya integrasi dengan *aplikasi mobile* atau *web* serta skala pengujian yang terbatas

pada lingkungan *basement*. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dapat berfokus pada perluasan jangkauan aplikasi dan pengujian dalam skenario yang lebih beragam.

REFERENSI

- D. N. R. Sulthan Aidhar Mustamajid, Ahmad Tri Hanuranto, "3 1,2,3," vol. 8, no. 2, pp. 3976–3983, 2020.
- A. N. A. Subingat, N. Dengen, A. Prafanto, and M. Taruk, "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Pencarian Parkir Berbasis Mikrokontroler Node-MCU," *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, p. 101, 2021, doi: 10.30872/jurti.v5i2.7070.
- D. Prasetyo, A. Pranata, and P. S. Ramadhan, "" Implementasi Internet Of Things (I OT) Pada Smart parking System Untuk Pemilik Apartemen Berbasis Mikrokontroler ,"" vol. 4, no. 6, pp. 1–12, 2021.
- I. A. Priyatna, B. Darmawan, and Paniran, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Parkir Mobil Indoor Dengan Wireless Sensor Network Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis Internet Of Things," *Dielektrika*, vol. 11, no. 2, pp. 89–97, 2024, doi: 10.29303/dielektrika.v11i2.366.
- Bagus Luqman Yusuf, "REKAYASA MODUL SLOT PARKIR MENGGUNAKAN WIRELESS SENSOR NETWORK DENGAN PERANGKAT ARDUINO DAN NRF24L01.
- J. P. Shanmuga Sundaram, W. Du, and Z. Zhao, "A Survey on LoRa Networking: Research Problems, Current Solutions, and Open Issues," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 22, no. 1, pp. 371–388, 2020, doi: 10.1109/COMST.2019.2949598
- Hardwario, "Tentang Modul LoRa." [Online]. Available: <https://docs.hardwario.com/tower/hardware-modules/about-lora-module/>
- V. K. Sarker, T. N. Gia, I. Ben Dhaou, and T. Westerlund, "Smart parking system with dynamic pricing, edge-cloud computing and LoRa," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 17, pp. 1–22, 2020, doi: 10.3390/s2017466
- M. Afifudin, G. A. Pratama, and W. Syaifullah, "Deteksi Ruang Parkir Menggunakan Opencv," *Teknotika*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.ftiunmabanten.ac.id/teknotika/article/view/142>
- K. Andrean *et al.*, "Sistem Tempat Parkir Terintegrasi yang Dilengkapi dengan Aplikasi Mobile dan Mikrokontroler," pp. 22–29.
- A. F. Zein, *Smart parking System Dengan Algoritma Background Subtraction Menggunakan Teknologi Progressive Web Apps Pwas dan Raspberrypi 4*. 2023. [Online]. Available: <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/73948>
- Z. A. Maulida, R. Indrianto, and L. Rochmawati, "PROTOTYPE OF LORA-BASED ELECTRICITY THEFT DETECTION DEVICE USING SUM OF ABSOLUTE DIFFERENCE (SAD) METHOD," pp. 251–260.
- R. T. Yunardi, "Analisa Kinerja Sensor Inframerah dan Ultrasonik untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 6, no. 1, p. 33, 2017, doi: 10.36055/setrum.v6i1.1583.
- G. Benet, F. Blanes, J. E. Simó, and P. Pérez, "Using infrared sensors for distance measurement in mobile robots," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 40, no. 4, pp. 255–266, 2002, doi: 10.1016/S0921-8890(02)00271-3.
- Sholeh, M. I., Habibulloh, M., Sokip, S., Syafi'i, A., 'Azah, N., Munif, M., & Sahri, S. (2025). Effectiveness of Blended Learning Strategy to Improving Students' Academic Performance. *JERIT: Journal of Educational Research and Innovation Technology*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.34125/jerit.v2i1.17>
- Saputra, W., Akbar, A., & Burhanuddin, B. (2024). Modernization of Da'wah Methods in

- Fostering Interest Among Young Generation (Case Study QS. Al-Ahزاب Verse 46). *INJIES: Journal of Islamic Education Studies*, 1(2), 61–70. <https://doi.org/10.34125/injies.v1i2.7>
- Septiani, D., Nugraha, M. S., Efendi, E., & Ramadhani, R. (2024). Strengthening Tuition Governance Towards Transparency and Accountability at Ummul Quro Al-Islami Modern Boarding School Bogor. *INJIES: Journal of Islamic Education Studies*, 1(2), 83–90. <https://doi.org/10.34125/injies.v1i2.10>
- Syafii, M. H., Rahmatullah, A. . S., Purnomo, H., & Aladaya, R. (2025). The Correlation Between Islamic Learning Environment and Children's Multiple Intelligence Development. *INJIES: Journal of Islamic Education Studies*, 2(1), 29–38. <https://doi.org/10.34125/injies.v2i1.17>
- Yulia, N. M., Asna, U. L., Fahma, M. A., Reviana, P. A., Cholili, F. N., Halimahturrafiah, N., & Sari, D. R. (2025). Use of Game-Based Learning Media Education as An Effort to Increase Interest Elementary School Students Learning. *JERIT: Journal of Educational Research and Innovation Technology*, 2(1), 38–45. <https://doi.org/10.34125/jerit.v2i1.23>
- Yolanda, N. S., & Laia, N. (2024). Practicality of Mathematics Learning Media Using Applications PowToon. *JERIT: Journal of Educational Research and Innovation Technology*, 1(1), 27–35. <https://doi.org/10.34125/jerit.v1i1.4>
- Zafari, K. A., & Iskandar, M. Y. (2024). Interactive Multimedia Development With The Autorun Pro Enterprise Ii Application Version 6.0 In Ict Guidance In Secondary Schools. *JERIT: Journal of Educational Research and Innovation Technology*, 1(1), 20–26. <https://doi.org/10.34125/jerit.v1i1.3>

Copyright holder:

© Author

First publication right:

Jurnal Kepemimpinan & Pengurusan Sekolah

This article is licensed under:

