

# Rancang Bangun *Prototype Sistem Monitoring Smart Parking Menggunakan Antena Mikrostrip 915 MHz Untuk LoRa Berbasis Aplikasi Android*

Christopher Daniel Prastyanto<sup>1</sup>, Reymond Munthe<sup>2</sup>, Yennywarti Rafsyam<sup>3</sup>

Prodi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia Depok 16425, Indonesia

E-mail: christopher.daniel.prastyanto.te22@mhsn.pnj.ac.id

E-mail: reymond.munthe.te22@mhsn.pnj.ac.id

## Abstrak

*Permasalahan keterbatasan lahan parkir serta rendahnya efisiensi pemantauan dan pengelolaan data kendaraan mendorong pengembangan sistem parkir cerdas (smart parking). Pada tugas akhir ini dirancang dan dibangun sebuah prototype sistem monitoring smart parking berbasis komunikasi Long Range (LoRa) menggunakan antena mikrostrip 915 MHz yang terintegrasi dengan aplikasi Android. Sistem terdiri dari beberapa node pengirim berbasis Arduino yang mendeteksi keberadaan dan identitas kendaraan menggunakan sensor inframerah dan RFID, serta satu node penerima (gateway) yang meneruskan data ke Firebase real-time database. Informasi status ketersediaan slot parkir ditampilkan secara real-time pada aplikasi Android, dengan perbedaan hak akses antara pengguna dan admin untuk pemantauan slot parkir serta histori kendaraan. Antena mikrostrip dirancang untuk mendukung performa transmisi LoRa agar diperoleh jangkauan komunikasi yang stabil dan hemat daya. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi kendaraan, mengirimkan data secara andal, serta menampilkan informasi secara real-time dengan tingkat akurasi sebesar 98% dan waktu respons rata-rata kurang dari 2 detik, sehingga sistem ini dinilai akurat, efisien, dan berpotensi menjadi solusi awal dalam pengembangan infrastruktur parkir pintar berbasis IoT.*

*Kata Kunci:* Smart Parking, IoT, LoRa, Antena Mikrostrip 915 MHz, Aplikasi Android, Firebase

## Abstract

*The limitations of parking space availability and the inefficiency of vehicle monitoring and data management have driven the development of smart parking systems. This study designs and implements a prototype of a smart parking monitoring system based on Long Range (LoRa) communication using a 915 MHz microstrip antenna integrated with an Android application. The system consists of multiple Arduino-based transmitter nodes that detect vehicle presence and identification using infrared sensors and RFID, as well as a receiver node (gateway) that forwards data to a Firebase real-time database. Real-time parking availability information is displayed on the Android application, with differentiated access for users and administrators to monitor parking slots and vehicle entry-exit history. The microstrip antenna is designed to support LoRa transmission performance, ensuring stable communication range and low power consumption. Experimental results show that the system is capable of reliably detecting vehicles, transmitting data stably, and presenting real-time information with an accuracy of 98% and an average response time of less than 2 seconds. Therefore, the proposed system demonstrates accurate and efficient performance and has the potential to serve as an initial solution for the development of IoT-based smart parking infrastructure.*

*Keywords:* Smart Parking, IoT, LoRa, 915 MHz Microstrip Antenna , Android App, Firebase

## 1. Pendahuluan

Pertumbuhan jumlah kendaraan di kawasan perkotaan menuntut adanya sistem parkir yang efisien dan informatif [1]. Pengelolaan parkir secara konvensional sering menimbulkan berbagai permasalahan, seperti lamanya waktu pencarian slot parkir, antrean kendaraan, serta kurangnya informasi ketersediaan parkir secara

*real-time*, yang berdampak pada rendahnya kenyamanan pengguna dan tidak optimalnya pemanfaatan lahan parkir [2]. Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) memungkinkan diterapkannya sistem *smart parking* yang mampu memantau kondisi slot parkir secara otomatis dan menyajikan informasi secara *real-time* [3]. Salah satu teknologi komunikasi yang sesuai untuk sistem *smart parking* adalah *Long Range* (LoRa) karena

memiliki jangkauan luas dan konsumsi daya yang rendah, khususnya pada frekuensi 915 MHz yang sesuai dengan regulasi di Indonesia [4]. Untuk mendukung kinerja komunikasi *LoRa*, diperlukan antena yang mampu bekerja secara optimal pada frekuensi tersebut [5]. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perancangan antena mikrostrip *rectangular patch* 915 MHz menggunakan metode *peripheral slit* guna meningkatkan kinerja antena, yang kemudian diintegrasikan ke dalam sistem *monitoring smart parking* berbasis *Android* [6].

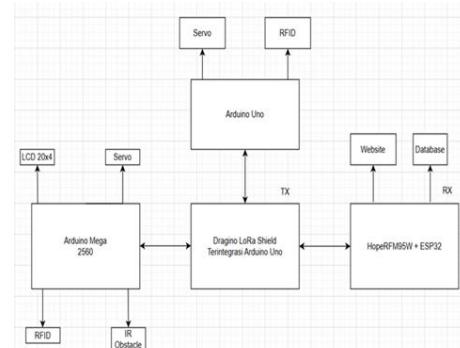
Sistem yang dibangun memanfaatkan sensor kendaraan dan komunikasi *LoRa* untuk mengirimkan data ketersediaan slot parkir ke *server* melalui *Firebase Realtime Database*, yang selanjutnya ditampilkan pada aplikasi *Android* secara *real-time*. [7]. Dengan integrasi antara teknologi *IoT*, *LoRa*, perancangan antena mikrostrip, dan aplikasi *Android*, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, kenyamanan, serta keandalan pengelolaan parkir di lingkungan perkotaan [8].

## 2. Metode Penelitian

Sistem *smart parking* terdiri dari sensor pendekripsi kendaraan, mikrokontroler, modul *LoRa* 915 MHz, *gateway*, *Firebase Realtime Database*, dan aplikasi *Android*. Pada bagian ini menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Tahapan-tahapan pada penelitian “Rancang Bangun *Prototype* Sistem *Monitoring Smart Parking* Menggunakan Antena Mikrostrip 915 MHz Untuk *LoRa* Berbasis Aplikasi *Android*” Menggunakan berbagai proses sebagai berikut.

### 2.1 Perancangan Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri atas beberapa komponen utama: *RFID*, *IR Obstacle*, *Servo*, *Dragino LoRa Shield*, dan *HopeRFM95NW* serta tiga mikrokontroler utama, yakni *Arduino Uno*, *Arduino Mega*, dan *ESP32*. Antena mikrostrip digunakan sebagai pemancar dan penerima sinyal pada *Dragino LoRa Shield Arduino* dan *HopeRFM95W*, yang digunakan untuk komunikasi antara sistem mikrokontroler dengan user melalui aplikasi *android* untuk memantau kesediaan lahan parkir dan mengecek kapan pengemudi masuk atau keluar dari lahan parkir. Gambar 1. menunjukkan diagram blok sistem *smart parking*



Gambar 1. Diagram Blok Sistem *Smart Parking*

Pada *prototype* sistem *monitoring smart parking* berikut menggunakan tiga mikrokontroler yaitu: *Arduino Mega* yang berfungsi mengontrol *LCD 20x4*, *RFID* bagian masuk, *Servo* bagian keluar, dan sensor *IR Obstacle*, selanjutnya *Arduino Uno* yang berfungsi mengontrol *Servo* bagian keluar dan *RFID* bagian keluar, dan *ESP32* yang berfungsi mengontrol modul *LoRa* *HopeRFM95W*. Selain itu pada sistem ini juga terdapat dua modul *LoRa*, yaitu: *Dragino LoRa Shield* yang berfungsi menerima data yang dikirim dari *Arduino Mega* dan *Arduino Uno* dan meneruskan data tersebut menggunakan antena mikrostrip hasil fabrikasi yang berfungsi sebagai *transmitter*, dan modul *HopeRFM95W* yang berfungsi menerima data yang diteruskan oleh *Dragino LoRa Shield* menggunakan antena mikrostrip hasil fabrikasi yang berfungsi sebagai *receiver*.

Selanjutnya Untuk mempermudah pemahaman alur kerja sistem, disajikan *flowchart* yang menggambarkan tahapan proses mekanisme kendaraan masuk dan keluar seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.



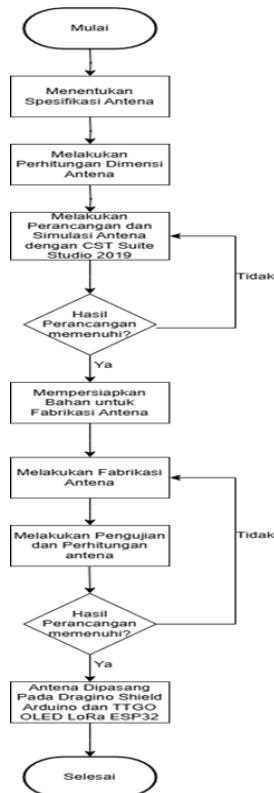
Gambar 2. *Flowchart* Mekanisme Kendaraan Masuk dan Keluar

Proses dimulai ketika sistem melakukan inisialisasi dengan menghubungkan *NodeMCU* ke *web server* dan aplikasi *Android*. Setelah koneksi berhasil, sistem melakukan pengecekan terhadap sensor inframerah (IR) pada area masuk untuk mendeteksi keberadaan kendaraan. Apabila sensor IR aktif dan mendeteksi kendaraan, servo akan bergerak sehingga palang otomatis terbuka.

Kendaraan yang akan masuk kemudian diarahkan untuk melakukan pemindaian Kartu UID yang juga berfungsi sebagai plat nomor kendaraan. Jika kartu tersebut terbaca, data hasil pemindaian dikirim ke server untuk divalidasi. Setelah itu, sistem melakukan pengecekan kembali menggunakan sensor IR pada slot parkir. Apabila sensor mendeteksi slot terisi, LCD 20x4 akan menampilkan informasi terkait slot tersebut dan data juga dikirimkan ke aplikasi pada *handphone* pengguna.

Ketika kendaraan meninggalkan slot parkir, LCD 20x4 akan memperbarui tampilan dengan menunjukkan slot sebagai kosong. Kendaraan kemudian melakukan pemindaian kartu UID kembali untuk proses keluar. Jika kartu terbaca, data dikirim ke *server* sebagai konfirmasi keluarnya kendaraan. Setelah data berhasil dikirim, servo akan bergerak membuka palang, sehingga kendaraan dapat meninggalkan area parkir. Proses berakhir setelah kendaraan keluar sepenuhnya dari area parkir.

Selanjutnya *flowchart* proses pembuatan antena dapat dilihat pada Gambar 3.

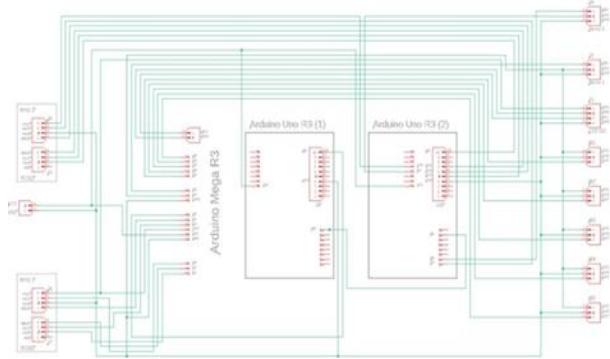


Gambar 3. *Flowchart* Proses Pembuatan Antena

Proses dimulai dengan menentukan spesifikasi antena yang akan dirancang. Setelah spesifikasi ditetapkan, dilakukan perhitungan awal untuk memperoleh dimensi antena sesuai kebutuhan perancangan. Tahap berikutnya adalah melakukan proses perancangan dan simulasi antena menggunakan perangkat lunak *CST Studio Suite 2019*. Hasil simulasi kemudian dievaluasi untuk memastikan bahwa parameter antena telah memenuhi kriteria yang ditetapkan. Apabila hasil perancangan belum memenuhi spesifikasi, proses dikembalikan ke tahap simulasi untuk dilakukan penyesuaian ulang. Namun, jika hasil perancangan telah memenuhi standar, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk proses fabrikasi antena. Setelah bahan siap, dilakukan proses fabrikasi antena sesuai desain yang telah disetujui. Antena yang telah difabrikasi kemudian menjalani pengujian dan perhitungan ulang untuk memastikan performanya sesuai dengan hasil desain dan simulasi. Apabila hasil pengujian tidak sesuai, proses kembali pada tahap fabrikasi untuk dilakukan perbaikan. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa antena telah memenuhi kriteria performa, maka antena tersebut dapat dipasang pada *Dragino Shield Arduino* dan *LoRa ESP32* sebagai tahap akhir implementasi. Dengan demikian, seluruh proses perancangan dan realisasi antena dinyatakan selesai.

### 2.1.1 Perencanaan Prototype Sistem Monitoring Smart Parking

Dalam tahap perencanaan, penulis terlebih dahulu merancang skematik rangkaian sistem *monitoring smart parking* menggunakan perangkat lunak *eagle*. Skematik ini mencakup seluruh komponen yang diperlukan sesuai dengan kebutuhan sistem. Desain skematik ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Skematik Sistem *Smart Parking*

### 2.1.2 Perancangan Antena

Langkah awal dalam melakukan perancangan antena, diperlukan penentuan paramater dan spesifikasi substrat antena yang sesuai dengan frekuensi kerja yaitu 915 MHz. Penentuan paramater dan spesifikasi substrat antena, bertujuan agar antena yang dirancang dapat berfungsi

dengan baik, sesuai yang diinginkan. Adapun parameter dan spesifikasi substrat antena yang dirancang, ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1. Spesifikasi Antena**

| Parameter              | Spesifikasi                 |
|------------------------|-----------------------------|
| <i>Gain</i>            | $\geq 1$ dB                 |
| <i>Frekuensi Kerja</i> | 915 MHz                     |
| <i>VSWR</i>            | $1 \leq \text{VSWR} \leq 2$ |
| <i>Return Loss</i>     | $\leq -10$ dB               |
| <i>Bentuk Patch</i>    | Rectangular                 |

**Tabel 2. Spesifikasi Substrat Antena**

| Jenis Substrat               | Spesifikasi |
|------------------------------|-------------|
| Bahan                        | FR-4 epoxy  |
| Konstanta Dielektrik Relatif | 4,4         |
| Ketebalan Substrat           | 1,6 mm      |
| Ketebalan Konduktor          | 0,035 mm    |
| Impedansi                    | 50 ohm      |

## 2.2 Realisasi Antena

Setelah melakukan perhitungan pada setiap parameter, selanjutnya adalah melakukan simulasi menggunakan software CST Suite 2019 agar spesifikasi dan ukuran antena yang dirancang dapat sesuai dengan parameter pada Tabel 3.

**Tabel 3. Parameter Awal Antena**

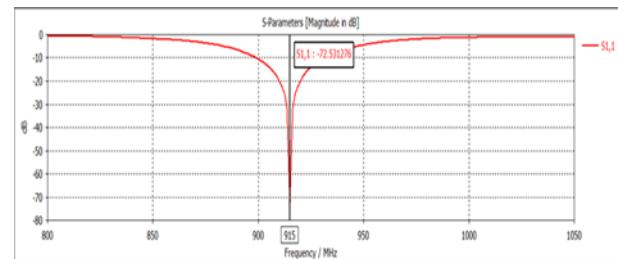
| Parameter | Dimensi Awal |
|-----------|--------------|
| <i>Wg</i> | 89.3 mm      |
| <i>lg</i> | 71.1 mm      |
| <i>wp</i> | 79.7 mm      |
| <i>lp</i> | 61.5 mm      |
| <i>wf</i> | 3 mm         |
| <i>lf</i> | 15 mm        |
| <i>Ws</i> | 2 mm         |
| <i>ls</i> | 16 mm        |

Setelah melakukan simulasi dengan parameter diatas, didapatkan hasil yang kurang baik untuk melanjutkan ke tahap fabrikasi. Oleh karena itu, dilakukan optimasi antena dengan mengubah dimensi atau nilai parameter antena hingga hasil simulasi sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Dari beberapa kali optimasi yang telah dilakukan, ditemukan bahwa perubahan pada *ground* mempengaruhi nilai direktivitas, sementara ukuran lebar saluran pencatu dan *patch* berpengaruh terhadap nilai *return loss* dan *VSWR*. Karena banyaknya simulasi optimasi yang dilakukan, perbandingan parameter dimensi antena sebelum dan sesudah optimasi dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Perbandingan Parameter Antena Awal Dengan Hasil Optimasi**

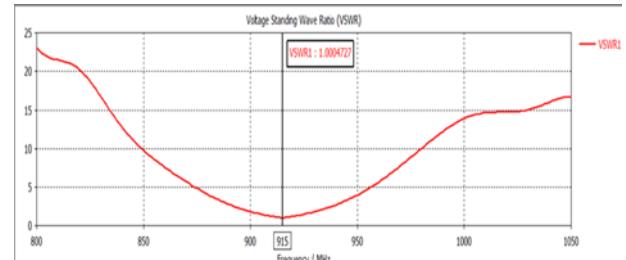
| Parameter | Dimensi Awal | Optimasi  | Keterangan       |
|-----------|--------------|-----------|------------------|
| <i>Wg</i> | 89.3 mm      | 158 mm    | Lebar Ground     |
| <i>lg</i> | 71.1 mm      | 137.17 mm | Panjang Ground   |
| <i>wp</i> | 79.7 mm      | 84 mm     | Lebar Patch      |
| <i>lp</i> | 61.5 mm      | 71.17 mm  | Panjang Patch    |
| <i>wf</i> | 3 mm         | 3.17 mm   | Lebar Feedline   |
| <i>lf</i> | 15 mm        | 24 mm     | Panjang Feedline |
| <i>Ws</i> | 2 mm         | 1.9 mm    | Lebar Slit       |
| <i>ls</i> | 16 mm        | 14 mm     | Panjang Slit     |

Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan parameter yang dioptimasi menunjukkan hasil nilai *Sparameter*, *VSWR*, dan *Gain* yang sesuai seperti yang bisa dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



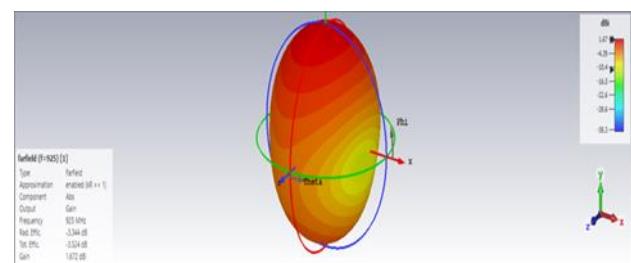
**Gambar 5. Return Loss Setelah di Optimasi**

Gambar 5. menunjukkan hasil *return loss* setelah optimasi sebesar -72.53 dB. Hasil tersebut sudah sangat baik sehingga tidak perlu dilakukan optimasi kembali.



**Gambar 6. VSWR Setelah di Optimasi**

Gambar 6. menunjukkan hasil VSWR setelah optimasi sebesar 1.004. Hasil tersebut sudah sangat baik sehingga tidak perlu dilakukan optimasi kembali.



**Gambar 7. Gain Setelah di Optimasi**

Gambar 7. menunjukkan hasil gain setelah optimasi sebesar 1.672 dBi. Hasil tersebut sudah sangat baik sehingga tidak perlu dilakukan optimasi kembali.

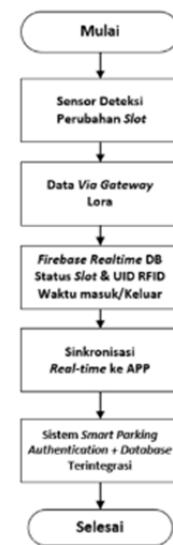
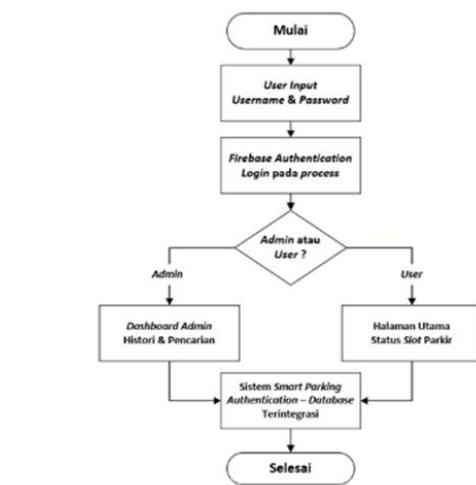
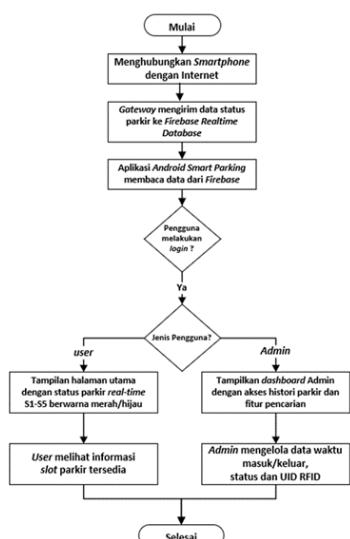
Gambar 8. memperlihatkan hasil fabrikasi antena Mikrostrip *Patch Rectangular* tampak belakang (kanan) dan tampak depan (kiri) yang akan digunakan sebagai antena pengganti bawaan dari *Dragino LoRa Shield* dan *Hoperf RFM95W* pada sistem *monitoring smart parking*.



Gambar 8. Hasil Fabrikasi Antena

### 2.3 Perancangan Aplikasi *Android*

Tahap selanjutnya adalah perancangan aplikasi *Android* menggunakan *Android Studio* dengan bahasa pemrograman *Java*. Selanjutnya, dirancang struktur *Firebase Realtime Database* untuk menyimpan data status slot parkir, data pengguna, serta histori kendaraan masuk dan keluar. Sistem *smart parking* bekerja dengan mengirimkan data status slot parkir ke *Firebase Realtime Database* yang kemudian ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi *Android*, di mana pengguna diarahkan sesuai peran sebagai *user* atau *admin* setelah proses autentikasi. Untuk memahami proses perancangan dibuatlah *flowchart* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 9.



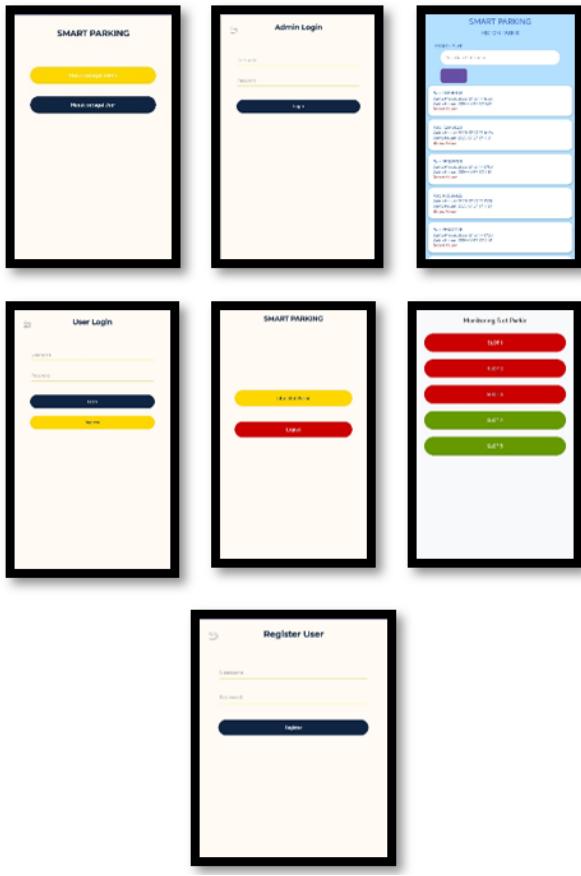
Gambar 5. Flowchart Perancangan Aplikasi *Android* *Smart Parking*

Sistem *smart parking* bekerja dengan sensor pendeksi kendaraan yang dipasang pada setiap slot parkir. Sensor mengirimkan data kondisi slot ke mikrokontroler, kemudian data tersebut dikirim melalui modul *LoRa* ke *gateway*. *Gateway* meneruskan data ke *Firebase Realtime Database*. Aplikasi *Android* membaca data dari *database* dan menampilkannya kepada pengguna dalam bentuk informasi status slot parkir dan histori kendaraan.

### 2.4 Realisasi Aplikasi *Android*

Aplikasi *Android* dirancang untuk dua jenis pengguna, yaitu *admin* dan *user*. *User* hanya dapat melihat ketersediaan slot parkir secara *real-time*, sedangkan *admin* memiliki akses tambahan untuk memantau histori kendaraan masuk dan keluar. Status slot parkir ditampilkan menggunakan indikator warna, hijau untuk slot kosong dan merah untuk slot terisi. Hasil tampilan

realisasi aplikasi *android smart parking* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Realisasi Aplikasi *Android Smart Parking*

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini membahas hasil dari perancangan *prototype sistem monitoring smart parking* yang dikembangkan menggunakan antena mikrostrip *rectangular patch* 915 MHz sebagai media transmisinya. Melalui tahap pelatihan dan evaluasi yang telah dijalankan, sistem dapat mencatat UID pengguna dan menampilkannya di *firebase* serta berhasil menampilkan ketersediaan slot parkir lewat aplikasi *android*.

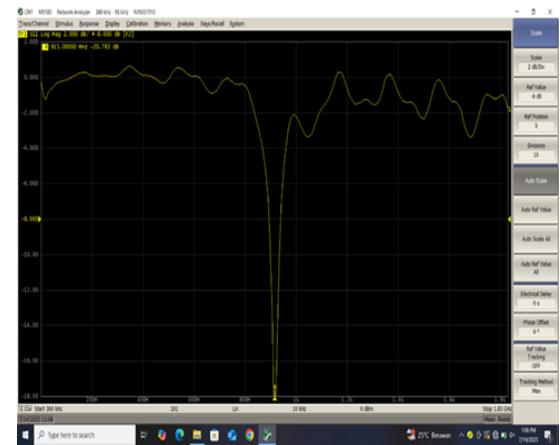
#### 3.1 Hasil Pengukuran Antena Menggunakan *Vector Network Analyzer*

Pengukuran antena dilakukan untuk mengetahui nilai dari parameter antena yang telah difabrikasi dapat memenuhi spesifikasi dari parameter yang diinginkan.

##### 1. Pengukuran *Return Loss*

Pengukuran *Return Loss* dilakukan untuk mengukur perbandingan gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang dikirim. Gelombang pantul terjadi

akibat impedansi antara beban (antena) dan saluran transmisi mengalami ketidaksesuaian (*mismatched*). Hasil pengukuran *Return Loss* dari Antena Mikrostrip *Rectangular* dapat dilihat dengan memilih menu Log Mag pada Gambar 11.

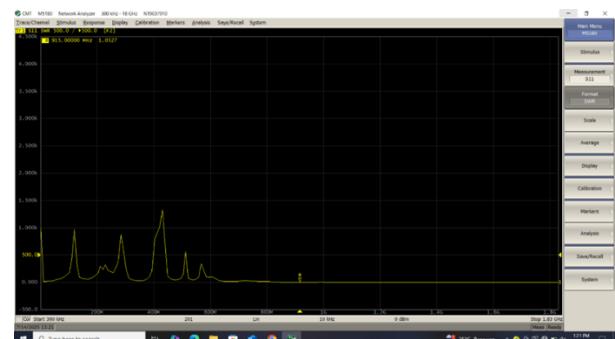


Gambar 11. Hasil Pengukuran *Return Loss* Menggunakan *Vector Network Analyzer*

Gambar 11 menunjukkan pengukuran *return loss* yang ditandai pada marker 1 pada frekuensi 915 MHz didapatkan hasil *return loss* sebesar -20.783 dB. Berdasarkan kondisi tersebut dapat diketahui bahwa performansi antena mikrostrip *rectangular patch* dianggap cukup baik, dikarenakan memenuhi spesifikasi yang diinginkan dengan syarat *return loss* yang baik  $\leq 10$  dB.

##### 2. Pengukuran VSWR

Setelah dilakukan pengukuran *return loss*, langkah selanjutnya dengan melihat hasil nilai dari VSWR yang telah diukur dengan memilih menu SWR yang ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Pengukuran VSWR Menggunakan *Vector Network Analyzer*

Gambar 12 menunjukkan hasil pengukuran SWR yang ditandai pada marker 1 pada frekuensi 915 MHz didapatkan hasil VSWR sebesar 1.0527. Berdasarkan

kondisi tersebut dapat diketahui bahwa performansi Antena Mikrostrip *Rectangular* dianggap baik, dikarenakan memenuhi spesifikasi yang diinginkan dengan syarat VSWR yang baik  $\leq 2$ .

### 3.2 Pengujian Transmisi Data Dari Alat Ke Aplikasi Menggunakan Antena Bawaan dan Antena hasil Fabrikasi

Pengujian Transmisi Data Dari Alat Ke Aplikasi Menggunakan Antena Bawaan dan Antena hasil Fabrikasi bertujuan untuk menguji kualitas antara antena bawaan dengan antena hasil fabrikasi sebagai media transmisi data antara alat dengan aplikasi. Pengujian difokuskan pada kestabilan transmisi data dan efektivitas jangkauan komunikasi. Data dikirim secara periodik dari alat pengirim menggunakan kedua jenis antena secara bergantian. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan performa antara antena bawaan dan antena hasil fabrikasi, yang kemudian dijadikan dasar evaluasi efektivitas desain antena terhadap sistem komunikasi secara keseluruhan. Hasil pengukuran transmisi data dari alat ke aplikasi menggunakan antena bawaan dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. Pengujian Transmisi Data Menggunakan Antena LoRa Bawaan (Dipole)**

| No. | Jarak | UID     | Slot Parkir |
|-----|-------|---------|-------------|
| 1.  | 20m   | terbaca | terbaca     |
| 2.  | 40m   | terbaca | terbaca     |
| 3.  | 60m   | -       | terbaca     |
| 4.  | 80m   | -       | terbaca     |
| 5.  | 100m  | -       | terbaca     |
| 6.  | 120m  | -       | terbaca     |
| 7.  | 140m  | -       | terbaca     |
| 8.  | 160m  | -       | terbaca     |
| 9.  | 180m  | -       | -           |
| 10. | 200m  | -       | -           |

Berdasarkan Tabel 4.2, antena bawaan hanya mampu mengirim data UID hingga jarak 40 meter, sedangkan data slot parkir masih dapat diterima hingga 160 meter. Setelah itu, transmisi data tidak berhasil dilakukan. Selanjutnya pengujian transmisi data menggunakan antena mikrostrip hasil fabrikasi dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6. Pengujian Transmisi Data Menggunakan Antena Mikrostrip Hasil Fabrikasi**

| No. | Jarak | UID     | Slot Parkir |
|-----|-------|---------|-------------|
| 1.  | 20m   | terbaca | terbaca     |
| 2.  | 40m   | terbaca | terbaca     |
| 3.  | 60m   | terbaca | terbaca     |
| 4.  | 80m   | terbaca | terbaca     |
| 5.  | 100m  | terbaca | terbaca     |
| 6.  | 120m  | terbaca | terbaca     |
| 7.  | 140m  | terbaca | terbaca     |
| 8.  | 160m  | terbaca | terbaca     |
| 9.  | 180m  | -       | -           |
| 10. | 200m  | -       | -           |

Dari Tabel 6 terlihat bahwa antena mikrostrip hasil fabrikasi mampu mengirim kedua jenis data secara stabil hingga 160 meter, dan baru mengalami kegagalan transmisi pada jarak 180 meter ke atas. Hal ini menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dari segi jangkauan dan kestabilan sinyal.

### 3.3 Pengujian Halaman Login User

Pengujian login bertujuan untuk memastikan pengguna dapat mengakses aplikasi *smart parking* berbasis *Android* sesuai dengan hak aksesnya. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 13.



**Gambar 13. (a) Pengujian Login dengan akun yang salah  
(b) Pengujian Login dengan akun yang benar (c)  
Pengujian Login dengan akun yang tidak terdaftar**

Pada Gambar 13, Gambar (a) menunjukkan kegagalan *login* karena pengguna salah memasukkan *password* atau menggunakan *email* yang tidak terverifikasi. Gambar (b) menunjukkan *login* berhasil, dan Gambar (c) menunjukkan apabila *username* tidak ada didaftarkan pada *database*. Untuk itu, pengguna harus melakukan registrasi terlebih dahulu dengan menekan teks "Tidak punya akun? Buat akun" pada halaman *login*, yang akan mengarahkan ke halaman registrasi seperti ditampilkan pada Gambar 14 dan 15.



**Gambar 14. Pengujian Halaman Registrasi Akun**

Gambar 5 menunjukkan proses registrasi akun di aplikasi berhasil. Setelah data diisi, sistem *debug* "Pendaftaran Berhasil!" pada aplikasi. Lalu menambahkannya pada Gambar 15.

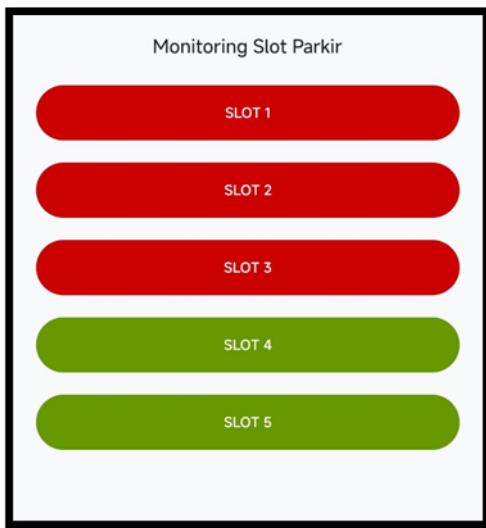
| Identifier              | Providers | Created      | Signed In    | User UID                   |
|-------------------------|-----------|--------------|--------------|----------------------------|
| reymond5@gmail.com      |           | Jul 29, 2025 | Jul 29, 2025 | hPTbxxCZwdfst3ab9vHY4C...  |
| reymondmunthe2@gmail... |           | Jul 29, 2025 | Jul 29, 2025 | CMJtPasseuhDyKusum76jZN... |

**Gambar 15. Tampilan database jika registrasi berhasil**

Gambar 15 menampilkan *database* yang sudah terisi oleh akun baru dari aplikasi dan dapat *login* seperti pada Gambar 13 (b).

### 3.4 Pengujian Halaman Data Slot Parkir

Pengujian halaman data slot parkir dilakukan untuk memastikan aplikasi Android mampu menampilkan data status ketersediaan slot parkir secara *real-time* berdasarkan data yang diterima dari *Firebase Realtime Database*. Gambar 16 menunjukkan bahwa data status slot parkir berhasil ditampilkan sesuai dengan kondisi aktual.



**Gambar 16 Hasil Pengujian Halaman Slot Parkir**

Berdasarkan hasil pengujian data slot parkir, diperoleh kesesuaian antara kondisi aktual slot parkir dengan data yang tersimpan pada *Firebase Realtime Database* serta tampilan pada aplikasi *Android*, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7.

**Tabel 7. Pengujian Monitoring Slot Parkir**

| Slot Parkir | Kondisi Aktual | Data di Firebase | Tampilan Aplikasi | Keterangan |
|-------------|----------------|------------------|-------------------|------------|
| SLOT1       | Kosong         | Kosong           | Kosong            | Berhasil   |
| SLOT2       | Terisi         | Terisi           | Terisi            | Berhasil   |
| SLOT3       | Kosong         | Kosong           | Kosong            | Berhasil   |
| SLOT4       | Terisi         | Terisi           | Terisi            | Berhasil   |
| SLOT5       | Kosong         | Kosong           | Kosong            | Berhasil   |

### 3.5 Pengujian Real – Time Synchronization

Pengujian sinkronisasi data secara *real-time* yang mencakup waktu proses pada setiap tahapan sistem disajikan pada Tabel 8. Berdasarkan tabel tersebut, sistem *smart parking* memiliki total waktu tunda (*end-to-slot latency*) berkisar antara 1 hingga 2 detik, sehingga dapat dikategorikan responsif untuk pemantauan kondisi slot parkir secara *real-time*.

**Tabel 8. Pengujian Real-time Synchronization**

| Proses               | Waktu      | Keterangan                        |
|----------------------|------------|-----------------------------------|
| Deteksi sensor       | 100-200 ms | Sensor infrared mendeteksi objek  |
| Pemrosesan Arduino   | 50-100 ms  | Processing data di mikrokontroler |
| Transmisi LoRa       | 200-400 ms | Pengiriman data wireless          |
| Gateway ke Firebase  | 300-500 ms | Upload data ke cloud              |
| Firebase ke aplikasi | 200-400 ms | Sinkronisasi <i>real-time</i>     |
| Total Delay          | 1-2 detik  | End-to-end latency                |

Berdasarkan Tabel 8, sistem menunjukkan kemampuan sinkronisasi data secara *real-time* dengan total waktu tunda *end-to-slot* berkisar antara 1 hingga 2 detik. Waktu tersebut mencakup proses deteksi sensor, pemrosesan data pada mikrokontroler, transmisi melalui *LoRa*, hingga data ditampilkan pada aplikasi *Android*.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *prototype* sistem *monitoring smart parking* berbasis *LoRa* dengan antena mikrostrip 915 MHz dan aplikasi *Android* berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem ini memanfaatkan *Dragino LoRa Shield Arduino* dan modul *HopeRF R95MNW* sebagai media komunikasi data, serta mengintegrasikan beberapa perangkat keras berupa sensor inframerah, RFID, mikrokontroler *Arduino Uno*, *Arduino Mega*, dan *ESP32* untuk mengelola proses

keluar masuk kendaraan dan pemantauan slot parkir. Antena mikrostrip *rectangular patch* 915 MHz yang direalisasikan menunjukkan kinerja yang baik dengan nilai *return loss* sebesar  $-20,783$  dB dan VSWR sebesar 1,0527, sehingga mampu mendukung komunikasi *LoRa* secara andal pada jarak efektif 20 m hingga 200 m. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan kendaraan dengan waktu respons 100–200 ms, mengirimkan data melalui *LoRa* secara stabil, serta menampilkan status ketersediaan slot parkir dan histori kendaraan secara *real-time* pada aplikasi *Android* yang terintegrasi dengan *Firebase Realtime Database*, dengan total latensi *end-to-end* sekitar 1–2 detik. Integrasi antara perangkat keras dan aplikasi berjalan dengan baik, ditunjukkan oleh akurasi data, pencatatan histori berbasis UID RFID yang lengkap, serta penggunaan sumber daya aplikasi yang efisien, sehingga sistem ini dinilai layak dan berpotensi untuk diterapkan sebagai solusi awal dalam pengembangan sistem *smart parking* berbasis *IoT*.

## Daftar Acuan

- [1] Alam, S., Lydia, S., Surjati, I., Onasie, N. (2021). Miniaturisasi Antena Mikrostrip Pencatu Ganda Menggunakan Metode *Peripheral Slit*. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 17(1)
- [2] Iqbal, M., Soim, S., Rose, M.M. (2023). Optimasi Antena Mikrostrip 915 MHz Substrat Jeans Patch Slot Persegi Menggunakan CST Studio. *Bulletin of Computer Science Research*, 3(5)
- [3] Surjati, S., Ningsih, K.Y., Alam, S. (2017). Peripheral Slits Microstrip Antenna Using Log Periodic Technique for Digital Television Broadcasting. *TELKOMNIKA*, 15(2)
- [4] Afrizal, F., & Prastowo, B. N. (2021). Vehicle Detection System Using Ultrasonic And Magnetic Fields Sensors Based On LoRa Communication. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*.
- [5] Hilmani, A., Maizate, A., & Hassouni, L. (2018). Designing and Managing a Smart Parking System Using Wireless Sensor Networks. *J. Sens. Actuator Netw.*, 7(2)
- [6] Kamal, Firdayanti, U. M. Tyas, A. A. Buckhari, Pattasang, Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital, *Jurnal Sistem Digital*, vol. 1, no. 1, 2023
- [7] N. Nabilah, L. O. Nur, S. Raniprima, Uji coba komunikasi LoRa E32-900T20D pada wilayah kota Jakarta Barat, *e-Proceeding of Engineering*, vol. 11, no. 6, 2024, pp.
- [8] A. R. Al Hayubi, S. Aulia, D. A. Gunawan, S. Hidayatullah, D. Aribowo, Implementasi sistem penggerak servo SG90 berbasis Arduino Uno dengan kontrol sudut dinamis, *Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 2023.
- [9] M. Rodrigues, A. dos Santos, H. Lima, W. Nogueira, V. de Lucena Junior, Tracking boats on Amazon rivers—A case study with the LoRa/LoRaWAN, *Sensors*, vol. 25, no. 2, 2025.
- [10] S. N. Syed Taha, M. S. Abu Talip, M. Mohamad, Z. H. A. Hasan, T. F. T. M. N. Izam, Evaluation of LoRa network performance for water quality monitoring systems, *Applied Sciences*, vol. 14, no. 16, 2024. <https://doi.org/10.3390/app14162024>
- [11] S. Yudho, T. Koerniawan, Aplikasi monitoring energi SHS off-grid menggunakan LoRa, *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, vol. 13, no. 1, 2021, pp. <https://doi.org/10.33322/energi.v13i1.1149>
- [12] W. Boonsong, T. Inthasuth, U. Kannan, The quality of RF signal communication performance of LoRa-RSSI analysis based on various environments tests, *Research Square*, 2023. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3623104/v1>
- [13] R. S. Hadikusuma, L. Nurpulaela, RSSI analysis on CSS modulation in the 433 MHz frequency band using LoRa in flood sensor, *TELKA: Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi, dan Kontrol*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [14] H. Arijuddin, A. Bhawiyuga, K. Amron, Pengembangan sistem perantara pengiriman data menggunakan modul komunikasi LoRa dan protokol MQTT pada wireless sensor network, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 10, 2019.
- [15] Pradana, A.B., Ma'rifadiyah, C., Jatinugroho, D., Abidin, F.Z., Perancangan Sistem Perparkiran Rendah Biaya Berbasis Ponsel Cerdas Android, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, 2022.
- [17] Afrizal, F., & Prastowo, B. N. (2025). Vehicle detection system using ultrasonic and magnetic fields sensors based on LoRa communication. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*, 13(1)
- [18] Al Kazhim, M. A., Busran, B., Putra, E. K., Warman, I., & Syahrami, A. (2025). Implementasi smart parking berbasis wireless sensor network dengan integrasi LoRa dan LIDAR. *Jurnal Kepemimpinan dan Pengurusan Sekolah*, 6(1)
- [19] Bayu, R. A. (2024). Evaluasi pengelolaan parkir gedung bertingkat di kawasan perkotaan menggunakan pendekatan sistem cerdas. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 10(1)
- [20] Maulana, I. F. (2020). Penerapan *Firebase Realtime Database* pada aplikasi E-Tilang. *Jurnal RESTI*, 4(5)