

Optimalisasi Prototype Sistem Parkir dengan Klasifikasi Jenis Kendaraan Berbasis IoT

Mochammad Agus Idris¹, Andi Saenong², Fettyana³, Sartika⁴

¹Program Studi Teknik Informatika, ²Program Studi Manajemen Informatika - Universitas Dipa Makassar,

³Program Studi Matematika- Universitas Negeri Makassar,

⁴Program Studi Nautika- Politeknik Maritim AMI Makassar.

Jl. Perintis Kemerdekaan No.KM.9, Tamalanrea Indah, Kec. Tamalanrea, Kota Makassar

magusidris@undipa.ac.id¹, andi.saenong@undipa.ac.id², fettyana@unm.ac.id³, sartikaal62@gmail.com⁴,

Abstrak— Peningkatan jumlah kendaraan bermotor berdampak pada meningkatnya kebutuhan ruang parkir, terutama pada area parkir bertingkat yang membutuhkan sistem pengelolaan kapasitas secara cepat, akurat, dan real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe sistem parkir berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memantau kapasitas parkir, mengatur palang otomatis, serta mengklasifikasikan jenis kendaraan berdasarkan tinggi kendaraan. Sistem ini menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali, sensor infrared untuk mendeteksi kendaraan masuk dan keluar, sensor ultrasonik HC-SR04 untuk klasifikasi kendaraan, LCD 16x2 I2C untuk menampilkan informasi kapasitas di gerbang, motor servo sebagai penggerak palang otomatis, serta Firebase dan aplikasi Flutter sebagai media monitoring secara real-time. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimen melalui tahap perancangan perangkat keras, perancangan aplikasi, implementasi sistem, dan pengujian fungsional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor infrared mampu mendeteksi objek hingga jarak maksimal 6 cm dan dikalibrasi pada jarak efektif 5 cm. Sensor ultrasonik berhasil mengklasifikasikan kendaraan ke dalam kategori rendah dan tinggi berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Sistem juga mampu menampilkan kapasitas parkir total dan per lantai secara real-time, mencegah kesalahan perhitungan ganda saat kendaraan berpindah lantai, serta menyinkronkan data antara alat dan aplikasi dengan jeda pembaruan yang singkat. Dengan demikian, prototipe sistem parkir berbasis IoT ini dapat menjadi solusi dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kenyamanan pengelolaan parkir.

Kata Kunci— *Internet of Things, ESP32, sistem parkir, sensor infrared, sensor ultrasonik.*

Abstract— The increasing number of motor vehicles has led to a growing demand for parking spaces, particularly in multi-storey parking areas that require fast, accurate, and real-time capacity management systems. This study aims to design and test an Internet of Things (IoT)-based parking system prototype capable of monitoring parking capacity, controlling automatic barriers, and classifying vehicle types based on vehicle height. The system uses an ESP32 as the main controller, infrared sensors to detect vehicles entering and exiting, an HC-SR04 ultrasonic sensor for vehicle classification, a 16x2 I2C LCD to display capacity information at the gate, a servo motor as the automatic barrier actuator, and Firebase and a Flutter application as real-time monitoring media. The research method employed is an experimental approach consisting of hardware design, application

design, system implementation, and functional testing stages. The test results show that the infrared sensor is capable of detecting objects up to a maximum distance of 6 cm and is calibrated at an effective distance of 5 cm. The ultrasonic sensor successfully classifies vehicles into low and high categories based on predetermined threshold values. The system is also able to display total and per-floor parking capacity in real time, prevent double-counting errors when vehicles move between floors, and synchronize data between the device and the application with a short update delay. Therefore, this IoT-based parking system prototype can serve as a solution to improve the efficiency, accuracy, and convenience of parking management.

Keywords— *Internet of Things, ESP32, parking system, infrared sensor, ultrasonic sensor.*

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor jenis mobil penumpang menurut data badan pusat statistik provinsi Sulawesi selatan di tahun 2024 sebanyak 631,062 meningkat sebanyak 22,56% dari tahun 2023 yaitu 488,694 [1]. Peningkatan ini melampaui nilai normal rata-rata perkembangan kendaraan pada tahun-tahun sebelumnya yaitu berkisaran diangka antara 3,89% hingga 14,55% per tahun [2].

Peningkatan ini akan terus berkembang terutama pada teknologi-teknologi terbaru pada industri otomotif seperti kendaraan listrik tenaga baterai [3]. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya kebutuhan ruang parkir, sementara ketersediaan lahan parkir sering kali tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang terus bertambah [4].

Permasalahan semakin kompleks pada area parkir bertingkat. Tanpa adanya sistem otomatisasi yang terintegrasi [5] pengelolaan parkir masih bergantung pada petugas manusia yang memiliki keterbatasan dalam memantau jumlah kendaraan secara bersamaan. Akibatnya, informasi ketersediaan parkir tidak dapat diperoleh secara cepat dan akurat. Hal ini membuat pengendara harus berkeliling mencari lokasi kosong, yang berpotensi menimbulkan antrean panjang, kemacetan di area parkir, bahkan konflik antar pengguna akibat perebutan tempat parkir. Selain menurunkan kenyamanan, proses pencarian parkir yang tidak efisien juga menimbulkan kerugian finansial, seperti meningkatnya konsumsi bahan bakar, waktu tempuh, dan biaya parkir.

Di sisi lain, pemisahan jenis kendaraan menjadi aspek penting dalam optimalisasi lahan parkir. Penempatan kendaraan secara acak, misalnya antara sedan berukuran kecil dengan *SUV (Sport Utility Vehicle)* atau *MPV (Multi Purpose Vehicle)* berukuran besar, dapat menyebabkan penggunaan ruang parkir menjadi kurang efisien. Dengan adanya klasifikasi jenis kendaraan, mobil berukuran kecil dapat diarahkan ke area parkir yang sesuai, sementara kendaraan besar ditempatkan pada ruang yang lebih memadai. Pengelompokan ini membantu pengelola dalam mengatur kapasitas, distribusi, serta pemanfaatan lahan parkir secara lebih efektif.

Teknologi *Internet of Things (IoT)* menawarkan solusi dalam pengembangan sistem parkir modern. Sistem otomatisasi berbasis IoT [6] mampu mengatasi keterbatasan sistem konvensional, seperti keterlambatan informasi ketersediaan parkir dan ketidakakuratan dalam penentuan kapasitas lahan. Dengan IoT [7], pengelolaan parkir dapat dilakukan secara *real-time*, lebih efisien, dan meningkatkan kenyamanan pengguna. Prototipe sistem parkir berbasis IoT [6][8] menjadi salah satu solusi dalam pengembangan sistem pemantauan parkir.

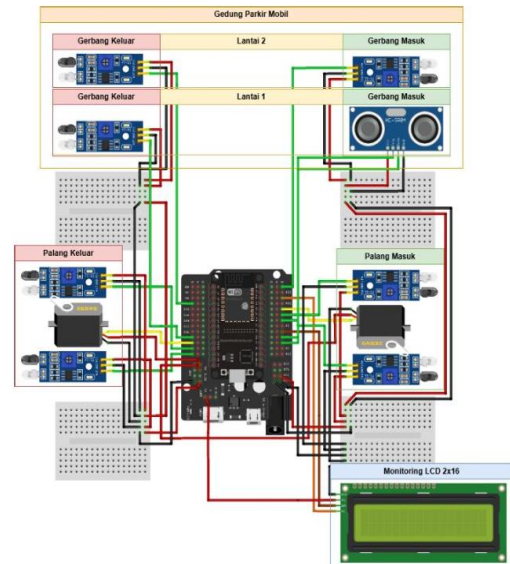
Penelitian ini mengusulkan sistem parkir berbasis IoT yang tidak hanya menghitung jumlah kendaraan yang masuk dan keluar, tetapi juga melakukan klasifikasi kendaraan ke dalam dua kategori utama, yaitu sedan dan *SUV/MPV*. Dengan demikian, sistem diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan lahan parkir sekaligus memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pengguna.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan tujuan untuk merancang dan menguji sistem parkir berbasis *Internet of Things (IoT)* yang mampu mendeteksi ketersediaan ruang parkir [9], menghitung jumlah kendaraan [10], serta melakukan klasifikasi jenis kendaraan, yaitu sedan dan *SUV/MPV*. Pendekatan eksperimen dipilih karena penelitian ini berfokus pada proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem secara langsung untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat dalam menjalankan fungsi yang telah dirancang.

A. Perancangan Hardware

Perancangan sistem parkir memanfaatkan sensor yang banyak digunakan [11] beberapa perangkat sensor, *display* dan kontrol seperti terlihat pada gambar 1.



Gbr. 1 Wiring Diagram Sistem

1) **Sensor Infrared:** Sistem menggunakan tujuh sensor *infrared* [13] yang tersebar di berbagai titik strategis di area parkir. Dua sensor infrared ditempatkan pada palang masuk dan keluar sebelum dan setelah melewati palang. Dua sensor lainnya dipasang pada palang keluar untuk mendeteksi kendaraan yang keluar dari area parkir [12]. Di lantai dua, dua sensor infrared digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang masuk dan keluar lantai 2, sementara satu sensor dipasang pada lantai 1 untuk mendeteksi kendaraan yang keluar dari lantai 1.



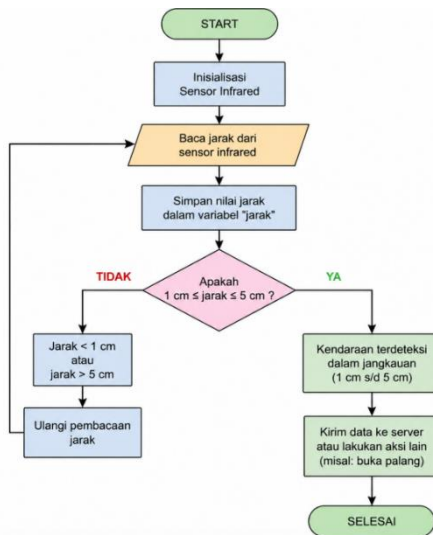
Gbr. 2 Sensor Infrared (IR)

Perhitungan kapasitas dilakukan berdasarkan akumulasi kendaraan yang masuk dikurangi kendaraan yang keluar, dengan rumus berikut:

$$xy = (x + y) - z$$

keterangan:

- xy = Informasi jumlah *slot* yang terisi saat ini.
- x = Nilai awal perhitungan (diinisialisasi 0 saat sistem mulai/reset).
- y = Jumlah mobil yang masuk (increment saat sensor masuk mendeteksi).
- z = Jumlah mobil yang keluar (decrement saat sensor keluar mendeteksi)
- yz = Kapasitas maksimum gedung parkir (nilai konstanta tetap).



Gbr. 3 Flowchart sensor Infrared

Gambaran logika sensor *infrared* untuk mendeteksi kendaraan pada jarak objek antara 1cm hingga 5cm dalam bentuk algoritma. Algoritma ini dirancang untuk mengidentifikasi apakah kendaraan berada dalam jangkauan deteksi sensor *infrared* dan memicu aksi sesuai dengan jarak yang terdeteksi.

Berikut pseudocode

MULAI

BACA nilai distance
 JIKA distance bernilai HIGH MAKA
 BERSIHKAN layar LCD
 ATUR posisi cursor LCD pada kolom 0 baris 0
 TAMPILKAN teks "Kendaraan"
 ATUR posisi cursor LCD pada kolom 0 baris 1
 TAMPILKAN teks "Terdeteksi!"
 KIRIM data ke server
 SELAIN ITU
 BERSIHKAN layar LCD
 ATUR posisi cursor LCD pada kolom 0 baris 0
 TAMPILKAN teks "Tidak ada"
 ATUR posisi cursor LCD pada kolom 0 baris 1
 TAMPILKAN teks "kendaraan."

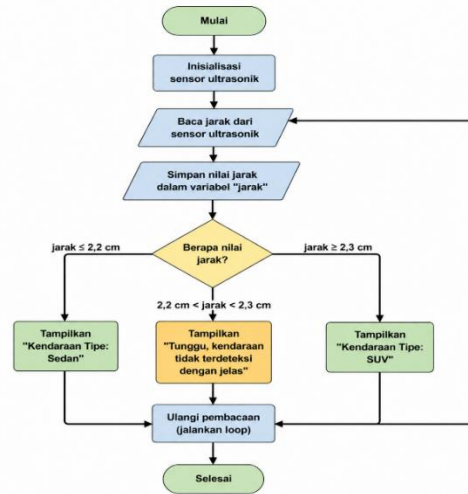
SELESAI

Sensor *ultrasonik HC-SR04*: Selain sensor *infrared*, sistem ini juga menggunakan satu sensor *ultrasonik* [10] untuk mendeteksi jenis kendaraan berdasarkan tinggi kendaraan saat melewati sensor [4]. Berbagai penelitian menggunakan *sensor Ultrasonik*, sebagai keamanan rumah [13], meter digital [14], mengukur postur duduk [15], dan kontrol jarak [15].

Sensor ini memiliki akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi jarak [16]. Sensor ini memungkinkan sistem untuk membedakan antara kendaraan sedan dan SUV/MPV berdasarkan ukuran dan tinggi kendaraan. Penerapan model matematis untuk fitur klasifikasi jenis kendaraan pada gerbang masuk. Klasifikasi ini didasarkan pada pengukuran dimensi

ketinggian (*Ground Clearance*) menggunakan sensor *Ultrasonik HC-SR04*.

Gambaran logika algoritma sensor ultrasonik yang dapat digunakan untuk mendeteksi jenis kendaraan berdasarkan jarak yang terukur oleh sensor. Jika kendaraan berada di bawah 2,2 cm, maka kendaraan tersebut dikategorikan sebagai sedan; jika kendaraan berada di atas 2,3 cm, maka kendaraan tersebut dikategorikan sebagai SUV [4]. Gambar 8 Algoritma Pseudocode untuk Sensor Ultrasonik:



Gbr. 4 Flowchart Klasifikasi

Berikut pseudocode

MULAI

ULANGI SELAMA SISTEM AKTIF
 BACA durasi pantulan dari sensor ultrasonik
 HITUNG jarak kendaraan
 $jarak = durasi \times 0,0344 / 2$
 BERSIHKAN tampilan LCD
 JIKA jarak $\leq 2,2$ cm MAKA
 ATUR posisi cursor LCD pada baris pertama
 TAMPILKAN "Kendaraan: Sedan"
 JIKA TIDAK, JIKA jarak $\geq 2,3$ cm MAKA
 ATUR posisi cursor LCD pada baris pertama
 TAMPILKAN "Kendaraan: SUV"
 JIKA TIDAK
 ATUR posisi cursor LCD pada baris pertama
 TAMPILKAN "Tunggu..."
 ATUR posisi cursor LCD pada baris kedua
 TAMPILKAN "Kendaraan Tidak Jelas"

SELESAI



Gbr. 5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Tinggi aktual kendaraan (H_{mobil}) dihitung dengan mengurangi tinggi posisi sensor (H_{sensor}) dengan jarak pantulan yang terukur (D_{ukur}), sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$H_{mobil} = H_{sensor} - D_{ukur}$$

Berdasarkan nilai tinggi kendaraan yang diperoleh, sistem menentukan kategori kendaraan menggunakan fungsi kondisional dengan nilai ambang batas ($T_{threshold}$) sebesar 2.3 cm (skala maket). Logika klasifikasi ini ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$K(H_{mobil}) = \left\{ \begin{array}{l} GC \text{ Tinggi, jika } H_{mobil} > T_{threshold} \\ GC \text{ Rendah, jika } H_{mobil} \leq T_{threshold} \end{array} \right\}$$

Data hasil klasifikasi ini kemudian dikirimkan oleh mikrokontroler ke database untuk kebutuhan pelaporan jenis kendaraan.

2) *LCD 2x16 I2C*: Logika ini diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32 yang memproses data dari sensor, mengontrol dua motor servo sebagai palang otomatis di gerbang utama, dan menampilkan hasil pada LCD 2x16 dengan format "Kapasitas 10/10" (baris 1 untuk total kapasitas) dan "L1 4/4 L2 6/6" (baris 2 untuk kapasitas per lantai). Data terklasifikasi (termasuk kategori tinggi mobil) dikirim ke Firebase untuk aplikasi Flutter. Jika kapasitas mencapai maksimum, palang otomatis menutup dan LCD menampilkan status "Maaf Parkiran Sedang Penuh". Pendekatan ini memastikan akurasi penghitungan dan klasifikasi tinggi mobil secara *real-time*.



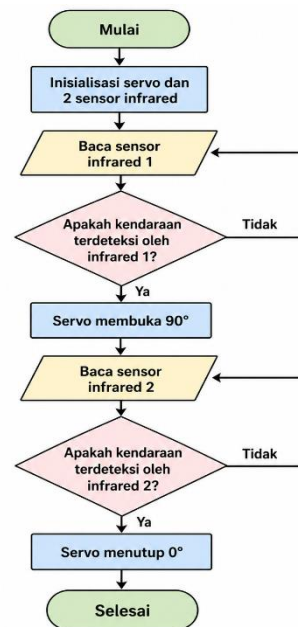
Gbr. 6 LCD 2x16 i2c

LCD 2x16 digunakan untuk menampilkan informasi mengenai jumlah kendaraan yang terdeteksi pada area parkir lantai 1 dan lantai 2. LCD ini memberikan informasi secara langsung kepada pengguna mengenai status parkir di setiap lantai [11].

3) *Servo SG90*: Proses pembukaan gerbang dilakukan secara otomatis menggunakan servo [17] yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Gerbang parkir dilengkapi dengan dua sensor *infrared*, yaitu sensor *infrared* pertama yang ditempatkan sebelum palang dan sensor *infrared* kedua yang ditempatkan setelah palang. Sensor *infrared* pertama berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang akan masuk atau keluar dari area parkir, sedangkan sensor *infrared* kedua berfungsi untuk memastikan bahwa kendaraan telah melewati palang.

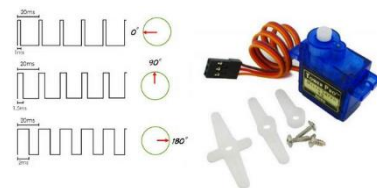
Proses kerja sistem dimulai ketika sensor *infrared* pertama mendeteksi adanya kendaraan di depan gerbang. Ketika kendaraan terdeteksi, sensor akan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk diproses. Selanjutnya, ESP32 memberikan perintah kepada servo untuk membuka palang dengan sudut 90 derajat, sehingga kendaraan dapat melewati gerbang parkir. Posisi 90 derajat menunjukkan bahwa palang berada dalam kondisi terbuka.

Setelah kendaraan melewati gerbang, sensor *infrared* kedua akan mendeteksi keberadaan kendaraan yang telah melewati palang. Ketika sensor *infrared* kedua aktif, ESP32 akan kembali memproses sinyal tersebut dan memberikan perintah kepada servo untuk menutup palang ke posisi 0 derajat. Posisi 0 derajat menunjukkan bahwa palang berada dalam kondisi tertutup. Dengan mekanisme ini, gerbang parkir dapat bekerja secara otomatis tanpa perlu dikendalikan secara manual.



Gbr. 7 Pembacaan sensor IR untuk Servo

Untuk mengendalikan pintu masuk dan keluar area parkir, sistem ini menggunakan dua servo. Satu servo digunakan untuk menggerakkan palang pintu masuk utama, dan satu servo lagi digunakan untuk menggerakkan palang pintu keluar. Kedua servo ini dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai otak dari sistem [11] [18].



Gbr. 8 Servo SG90

4) *ESP32 DEV KIT V1*: ESP32 berperan penting dalam mengolah data yang diterima dari sensor-sensor dan mengirimkan informasi ke server IoT secara real-time [19]. Data yang dikumpulkan oleh sistem akan digunakan untuk memantau status parkir melalui dashboard aplikasi yang terhubung, memungkinkan pengguna untuk melihat jumlah kendaraan yang masuk, keluar, serta jenis kendaraan yang terdeteksi di area parkir.



Gbr. 9 ESP32

Dengan rancangan sistem yang komprehensif ini, diharapkan seluruh komponen dapat bekerja secara efektif untuk memberikan kemudahan dan efisiensi dalam pengelolaan parkir berbasis IoT, termasuk deteksi kendaraan dan pemantauan *real-time* yang akurat.

B. Perancangan Aplikasi Interface

Penelitian ini merancang *interface* aplikasi *smartphone* menggunakan *Flutter* dan *Firebase* untuk sistem parkir berbasis IoT. *Flutter* dipilih untuk memungkinkan pengembangan aplikasi mobile yang berjalan di Android dan iOS dengan satu kode sumber, serta antarmuka pengguna responsif. *Firebase* digunakan untuk menyimpan data secara *real-time*, seperti status kendaraan yang masuk atau keluar, yang dapat langsung diakses oleh pengguna melalui aplikasi.

Aplikasi berkomunikasi dengan server menggunakan protokol *HTTP*, mengirimkan perintah untuk membuka atau menutup palang parkir ke perangkat pengendali (ESP32), dan menerima *feedback* untuk memperbarui status di aplikasi. *Firebase* juga memungkinkan pemantauan status parkir secara *real-time*, seperti jumlah kendaraan dan ruang yang tersedia.

Pendekatan ini menggabungkan teknologi *modern* untuk menciptakan sistem parkir otomatis yang efisien, mudah diakses melalui perangkat *mobile*, dan memastikan pengelolaan parkir yang lebih praktis dan efektif.



Gbr. 10 Rancangan Interface

Pada sisi aplikasi, *Flutter* digunakan untuk membangun antarmuka yang menampilkan status kapasitas parkir secara terkini untuk pemilik gedung. Halaman utama aplikasi

menampilkan beberapa elemen informasi utama: status ketersediaan parkir total (misalnya "Status Parkir "Tersedia/Penuh" dan Slot yang tersedia "0/10"), kapasitas per lantai dalam bentuk kotak terpisah untuk Lantai 1 dan Lantai 2 (masing-masing menunjukkan angka kapasitas). Selain itu, terdapat tombol "*Lihat History*" yang mengarahkan pengguna ke halaman laporan harian, di mana pemilik gedung dapat melihat rekapitulasi jumlah kendaraan masuk per hari, serta dapat memfilter berdasarkan tipe kendaraan yang telah diklasifikasi dan mengidentifikasi hari-hari dengan tingkat keramaian tertinggi sebagai referensi hari ramai. Dengan perancangan perangkat lunak ini, sistem diharapkan mampu memberikan informasi yang sesuai dengan kebutuhan pengendara di gerbang melalui LCD dan kebutuhan pemilik gedung melalui aplikasi monitoring yang informatif.

C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem merupakan tahap terakhir untuk memastikan bahwa seluruh perangkat keras dan perangkat lunak yang telah diintegrasikan berfungsi dengan baik dalam skenario nyata atau simulasi yang mendekati kondisi operasional sesungguhnya. Pengujian ini meliputi beberapa aspek penting, yaitu pengujian fungsional, pengujian kinerja, dan uji konsistensi data antara perangkat.

Pada pengujian fungsional, dilakukan simulasi kendaraan yang masuk dan keluar berdasarkan dua kategori tinggi kendaraan (*GC Tinggi dan GC Rendah*). Selain itu, dilakukan juga validasi akurasi dalam klasifikasi tinggi kendaraan, serta pengujian pembaruan kapasitas parkir yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi.

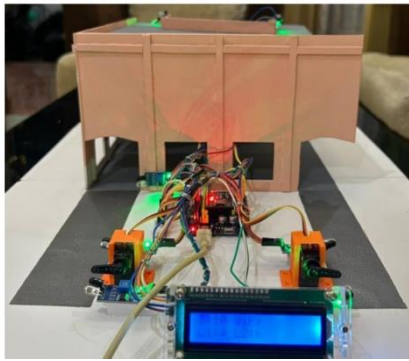
Pengujian kinerja mengukur akurasi dalam penghitungan jumlah kendaraan dan klasifikasi kendaraan yang masuk, untuk memastikan sistem dapat bekerja dengan baik dalam mengelola dan menampilkan status parkir secara *real-time*.

Terakhir, pada uji konsistensi data, dilakukan pengecekan untuk memastikan bahwa data yang ditampilkan di sensor, LCD, dan aplikasi *Flutter* konsisten dan sinkron.

Kriteria keberhasilan pengujian sistem adalah seluruh komponen sistem dapat berfungsi secara terpadu, informasi yang ditampilkan akurat, dan semua fitur berjalan tanpa kendala dalam seluruh skenario pengujian yang dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seluruh komponen perangkat keras (hardware) dirakit menjadi satu kesatuan sistem parkir pintar, dan perangkat lunak (software) dikembangkan untuk menjalankan logika kontrol serta antarmuka pengguna. Implementasi sistem ini bertujuan untuk membuktikan bahwa rancangan yang dibuat dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memonitor kapasitas parkir dan mengklasifikasikan jenis kendaraan secara otomatis.



Gbr. 11 Miniatur sistem

A. Pengujian Sensor Infrared

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jangkauan maksimal bawaan dari komponen sensor inframerah yang telah terpasang pada rancangan maket gedung parkir.

Sebelum pengujian dilakukan, seluruh modul sensor inframerah yang terpasang pada area gerbang masuk, gerbang keluar, dan jalur transisi antar lantai telah dikalibrasi dengan pengaturan waktu pembacaan sinyal (*delay debounce*) yang seragam sebesar 100 milidetik. Pengujian dilakukan dengan meletakkan objek di depan sensor dan menjauhkannya secara progresif hingga sensor tidak lagi mampu mendeteksi keberadaan objek tersebut. Hasil pengujian komponen dapat dilihat pada Tabel 1

TABEL 1
PENGUJIAN SENSOR INFRARED

Jarak Objek (cm)	Status Sistem deteksi Kendaraan	Keterangan
1	LED Aktif	Terdeteksi
2	LED Aktif	Terdeteksi
3	LED Aktif	Terdeteksi
4	LED Aktif	Terdeteksi
5	LED Aktif	Terdeteksi
6	LED Aktif	Terdeteksi
7	LED Non Aktif	Tidak Terdeteksi

Sensor inframerah berfungsi dengan baik dan mampu mendeteksi objek hingga batas maksimal jarak 6 cm. Saat benda dijauhkan ke jarak 7 cm, sensor sudah tidak bisa menangkap pantulan cahaya sehingga objek tidak terdeteksi. Pengujian ini dilakukan pada salah satu sensor sebagai perwakilan, dengan pemahaman bahwa setiap modul sensor memiliki tingkat kepekaan bawaan pabrik yang berbeda-beda.

Oleh karena itu, sensor yang telah diintegrasikan ke dalam sistem gerbang maket, potensiometer pada seluruh modul sensor wajib dikalibrasi (diturunkan sensitivitasnya) agar memiliki jangkauan maksimal yang seragam mendekati lebar jalan pada maket, yaitu pada jarak maksimal 5 cm.











B. Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian ini merupakan bagian krusial untuk memvalidasi fitur klasifikasi kendaraan. Sensor *Ultrasonik HC-SR04* ditempatkan pada ketinggian tetap di gerbang Lantai 1. Logika

program membandingkan selisih antara tinggi gerbang dengan jarak yang terukur oleh sensor ke atap mobil.

Dalam kodingan mikrokontroler, ditetapkan logika: jika selisih tinggi > 2.3 cm (satuan skala maket), maka kendaraan dikategorikan sebagai "**Tinggi**". Sebaliknya, jika selisih ≤ 2.3 cm, dikategorikan sebagai "Rendah". Pada mikrokontroler juga telah dikonfigurasi waktu jeda pembacaan sensor sebesar 500 milidetik terhitung sejak objek pertama kali terdeteksi. Hasil pengujian komponen dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
PENGUJIAN SENSOR ULTRASONIK

Kendaraan	Tinggi Kendaraan	Hasil Deteksi
	2.0cm	Sedan
	2.2cm	Sedan
	2.3cm	Sedan
	2.0cm	Sedan
	2.2cm	Sedan
	1.9cm	Sedan
	2.5cm	SUV/MPV
	3.2cm	SUV/MPV
	3.2cm	SUV/MPV
	2.1cm	Sedan

Pengujian sensor ultrasonic dilakukan pada 10 jenis kendaraan dan berhasil dalam menentukan jenis kendaraan.

C. Pengujian Logika Kapasitas dan Aplikasi

Pengujian ini dilakukan secara menyeluruh (*end-to-end*) untuk memastikan algoritma perhitungan slot parkir berjalan akurat, terutama pada skenario perpindahan kendaraan antar lantai yang sebelumnya rawan terjadi kesalahan hitung (*double counting*). Skenario pengujian meliputi:

- Mobil masuk ke parkir
- Mobil masuk ke Lantai 1
- Mobil melanjutkan perjalanan naik ke Lantai 2.
- Mobil Keluar dari L2.
- Mobil keluar dari gedung parkir
- Kondisi saat parkir penuh

TABEL 3
PENGUJIAN LOGIKA KAPASITAS DAN ALUR PARKIR

Skenario	Perubahan Data LCD dan Aplikasi	Algoritma Program
Mobil Masuk Gedung	Total: 9, L1: 4, L2: 6.	Sensor palang mengurangi total kapasitas.
Mobil Masuk Gerbang Masuk Lantai 1	Total: 9, L1: 3, L2: 6.	Sensor L1 mengurangi kapasitas L1.
Mobil Naik ke Lantai 2	Total: 9, L1: 4, L2: 5.	Sensor L2 mengurangi kapasitas L2, dan sistem otomatis mengembalikan slot L1 (+1) agar tidak terhitung ganda.
Mobil Keluar dari L2	Total: 9, L1: 4, L2: 6	Mobil keluar L2, kapasitas L2 kembali, masuk antrian turun.
Mobil Keluar Gedung	Total: 10, L1: 4, L2: 6	Sensor keluar menambah total kapasitas.
Semua Slot Terisi (0)	LCD: "Maaf Parkiran Penuh"	Sistem mengunci palang masuk (<i>Entry Servo</i>) dan palang keluar (<i>Exit Servo</i>) tidak mau terbuka.



Gbr. 12 Hasil Pengujian Aplikasi

Sistem ini berhasil menerapkan logika perhitungan kapasitas antar lantai untuk mencegah terjadinya kesalahan pencatatan atau double counting ketika kendaraan berpindah dari Lantai 1 ke Lantai 2. Ketika sensor mendeteksi kendaraan masuk ke lantai berikutnya, sistem secara otomatis mengurangi kapasitas lantai tujuan dan menambah kembali kapasitas lantai sebelumnya, sehingga satu kendaraan hanya tercatat menempati satu slot parkir.

Selain itu, penggunaan sensor Ultrasonik HC-SR04 mampu mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan tinggi kendaraan, yaitu kategori kendaraan tinggi dan kendaraan rendah, kemudian data tersebut disimpan pada Firebase Realtime Database serta ditampilkan pada aplikasi mobile. Dari sisi komunikasi IoT, integrasi ESP32, Firebase, dan aplikasi Flutter menunjukkan kinerja yang responsif dengan waktu pembaruan data rata-rata di bawah 2 detik, tergantung kualitas jaringan internet. Sistem juga dilengkapi mekanisme koneksi ulang otomatis sehingga tetap stabil saat terjadi gangguan jaringan. Secara keseluruhan, sistem ini mampu memberikan informasi sisa slot parkir secara real-time melalui aplikasi smartphone dan LCD, sehingga membantu pengendara mengetahui ketersediaan parkir tanpa harus mengelilingi gedung secara manual.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem parkir berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan ESP32 berhasil dibangun dan mampu menjalankan fungsi utama sebagai sistem monitoring kapasitas parkir secara real-time. Sistem dapat menampilkan informasi jumlah slot parkir yang tersedia, baik secara total maupun per lantai, melalui LCD pada gerbang parkir dan aplikasi *Flutter* yang terhubung dengan *Firestore*.

Implementasi *sensor infrared* pada sistem mampu mendeteksi kendaraan yang masuk, keluar, serta berpindah antar lantai dengan baik. Logika perhitungan kapasitas yang diterapkan juga berhasil mencegah terjadinya kesalahan

pencatatan atau *double counting*, terutama ketika kendaraan berpindah dari lantai 1 ke lantai 2. Dengan demikian, satu kendaraan hanya tercatat menempati satu slot parkir sesuai posisi terakhirnya.

Selain itu, penggunaan *sensor ultrasonik HC-SR04* mampu mendukung proses klasifikasi kendaraan berdasarkan tinggi kendaraan, yaitu kategori kendaraan rendah dan kendaraan tinggi. Hasil klasifikasi tersebut dapat dikirimkan ke *Firebase* dan ditampilkan pada aplikasi mobile sebagai bagian dari informasi monitoring parkir. Sistem palang otomatis yang dikendalikan oleh *motor servo* juga bekerja sesuai kondisi kapasitas parkir, termasuk menutup akses masuk ketika slot parkir telah penuh.

Secara keseluruhan, sistem yang dirancang menunjukkan kinerja yang stabil dan responsif. Integrasi antara perangkat keras, *Firebase*, dan aplikasi *Flutter* mampu menghasilkan data yang konsisten dengan jeda pembaruan yang singkat. Oleh karena itu, prototipe sistem parkir IoT ini dapat membantu pengelola dalam memantau kapasitas parkir secara lebih akurat, memudahkan pengguna memperoleh informasi ketersediaan slot, serta meningkatkan efisiensi pengelolaan area parkir bertingkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ditlantas POLDA Sulsel, "Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Kendaraan di Provinsi Sulawesi Selatan (unit), 2024 - Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Selatan." Accessed: Apr. 22, 2026. [Online]. Available: <https://sulsel.bps.go.id/id/statisticstable/3/Vj3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFUMDkjMw==/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-kendaraan-di-provinsi-sulawesi-selatan--unit--2022.html?year=2024>
- [2] N. Kresnanto Cahyo, "Model Pertumbuhan Sepeda Motor Berdasarkan Produk Domestik Regional Bruto (PRDB) Perkapita (Studi Kasus Pulau Jawa)," *Media Komun. Tek. Sipil*, vol. 25, no. 1, pp. 107–114, 2019.
- [3] D. A. Turkita and M. I. Hasmarini, "Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Industri Otomotif Di Indonesia Tahun 2019 - 2021," vol. 10, no. 14, pp. 437–442, 2024.
- [4] Fitriani, A. Saenong, and M. A. Idris, "Optimasi Kinerja Sensor Ultrasonik pada Prototype Sistem Monitoring Slot Parkir," vol. 6, no. 2, pp. 189–196, 2025, doi: 10.47065/tin.v6i2.8066.
- [5] R. K. Sulisty, "Sistem Parkir Otomatis: 7 Manfaatnya Untuk Lahan Parkir Anda - Intracs." Accessed: Apr. 22, 2026. [Online]. Available: <https://intracs.co.id/sistem-parkir-otomatis-7-manfaatnya-untuk-lahan-parkir-anda/>
- [6] Suhandi, S. Purnama, R. Ahsanitaqwm, and S. Nurm, "The Role of Automation and IoT in Enhancing Operational Efficiency: Evidence from PLS-SEM Analysis," *APTISI Trans. Manag.*, vol. 9, no. 1, pp. 72–81, 2025, doi: 10.33050/atm.v9i1.2418.
- [7] L. Lou, Q. Li, Z. Zhang, R. Yang, and W. He, "An IoT - Driven Vehicle Detection Method Based on Multi - source Data Fusion Technology for Smart Parking Management System," vol. 4662, no. c, 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.2992431.
- [8] E. A. S. Daeli, "Perancangan Prototype Monitoring Area Parkir Mobil Berbasis Internet of Things Erwin," *J. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 5, no. 2, pp. 279–289, 2024, doi: 10.47065/tin.v5i4.5854.
- [9] R.Subhash, M. Praveen, R. R. V.Dineshkumar, V.Vijayakumar, M. Shanmugam6, T. Kalaipriyan, and RS. Raghav, "IOT BASED SMART PARKING SYSTEM," vol. 119, no. 14, pp. 367–375, 2018.
- [10] L. Sitanayah, A. Angdresey, and J. Wahyu, "A Low-Cost Vehicle Counting System based on the Internet of Things," vol. 4, no. 1, pp. 14–20, 2021, doi: 10.25042/epi-ije.022021.03.
- [11] A. Saenong, Irsal, and M. S. Mustafa, *Internet of Things*. Makassar: PT Nas Media Indonesia, 2025. [Online]. Available: [https://isbn.perpusnas.go.id/bo-penerbit/penerbit/isbn/data/view-](https://isbn.perpusnas.go.id/bo-penerbit/penerbit/isbn/data/view-kdt/1251060)
- [12] J. A. Abdulsahab, R. M. Nafea, W. A. M. Al-jawher, and M. L. Hayyawi, "IoT Based Smart Parking System," vol. 7, no. 3, pp. 196–203, 2024.
- [13] B. Setyawan, S. Andryana, J. S. Manila, P. Minggu, and K. J. Selatan, "Sistem Deteksi Menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino mega 2560 dan Processing untuk Sistem Keamanan Rumah," vol. 3, no. 3, pp. 15–20, 2018.
- [14] R. A. Putra, G. A. Fatoni, M. H. Rifai, E. W. Ahsani, and R. D. Danendra, "Validasi Akurasi Pengukuran Terhadap Benda Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis NodeMCU 8266," vol. 2, no. 3, pp. 188–195, 2024.
- [15] S. Indayana *et al.*, "SISTEM DETEKSI POSTUR DUDUK MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DAN FLEX SENSOR BERBASIS ARDUINO UNO," vol. 1, no. 1, 2017.
- [16] D. N. P. Hartoto, "STUDI AKURASI SENSOR ULTRASONIK TIPE US-015 UNTUK PENGUKURAN PASANG SURUT AIR LAUT DAERAH BERGELOMBANG," 2019, [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcepjglclefindmkaj/https://digilib.unila.ac.id/56874/3/SKRIPSI_TANPA_BAB_PEMBAHASAN.pdf
- [17] Rayhan Al Hayubi, Salsabila Aulia, Dafairro Abbil Gunawan, Syarif Hidayatullah, and Didik Aribowo, "Implementasi Sistem Penggerak Servo SG 90 Berbasis Arduino Uno dengan Kontrol Sudut Dinamis," 2024.
- [18] A. I. Salim, Y. Saragih, and R. Hidayat, "IMPLEMENTASI MOTOR SERVO SG 90 SEBAGAI PENGGERAK MEKANIK PADA E. I. HELPER (ELECTRONICS INTEGRATION HELMET WIPER," vol. 6, no. 2, 2020.
- [19] M. H. Tobi, "Design of Automatic Parking Access System Bases on Internet of Things (IoT)," vol. 2, no. 2, pp. 62–65, 2022.