

Perancangan Desain Sistem Parkir Otomatis Menggunakan Sensor Pir Dan Servo Motor Berbasis Arduino

Bagas Putra Ardian, Muhammad Daffa' Dzaki Pratama, Bagas Putra Baharuddin, Indrawan Ady Saputro

STMIK AMIKOM Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

Correspondence: e-mail: indrawanadysaputro@gmail.com

Abstrak

Permasalahan keterbatasan lahan dan sulitnya menemukan slot parkir yang tersedia mendorong perlunya sistem parkir otomatis yang efisien dan mudah digunakan. Pada penelitian ini dirancang prototipe sistem parkir otomatis berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor Passive Infrared (PIR) untuk mendeteksi okupansi slot parkir dan kendaraan di pintu masuk maupun keluar. Servo motor digunakan sebagai aktuator palang pintu otomatis yang dikendalikan langsung oleh mikrokontroler. Sistem juga dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai alarm parkir untuk membantu pengemudi melakukan manuver dengan aman, piezo buzzer sebagai peringatan audio, serta indikator visual berupa LED dan LCD 16x2 untuk menampilkan informasi ketersediaan slot parkir secara real-time. Metode pengembangan menggunakan model waterfall yang mencakup analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, pengujian, serta pemeliharaan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kendaraan secara akurat, mengendalikan gerbang secara otomatis, serta memberikan informasi visual dan audio yang responsif. Dengan demikian, sistem parkir ini dapat mengurangi waktu pencarian parkir, mengoptimalkan pemanfaatan ruang, dan meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengguna.

Kata kunci: Arduino, Sistem Parkir Otomatis, Sensor PIR, Servo Motor, Sensor Ultrasonik

Abstract

The problem of limited land and the difficulty of finding available parking slots encourage the need for an efficient and easy-to-use automated parking system. In this study, a prototype of an Arduino-based automatic parking system was designed by utilizing Passive Infrared (PIR) sensors to detect the occupancy of parking slots and vehicles at entrances and exits. The servo motor is used as an automatic door bar actuator which is directly controlled by a microcontroller. The system is also equipped with an HC-SR04 ultrasonic sensor as a parking alarm to help the driver maneuver safely, a piezo buzzer as an audio alert, and visual indicators in the form of LEDs and 16x2 LCDs to display real-time parking slot availability information. The development method uses a waterfall model that includes needs analysis, system design, hardware and software implementation, testing, and maintenance. The results of the implementation show that the system is able to accurately detect vehicles, control the gates automatically, and provide responsive visual and audio information. Thus, this parking system can reduce parking search time, optimize space utilization, and improve user safety and comfort.

Keywords: Arduino, Automatic Parking System, PIR Sensor, Servo Motor, Ultrasonic Sensor

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi digital dan Internet of Things (IoT) telah membawa dampak besar dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Integrasi perangkat keras berbasis mikrokontroler dengan sensor dan teknologi nirkabel memungkinkan terciptanya berbagai sistem cerdas yang efektif dan efisien. Pemanfaatan teknologi ini telah diterapkan dalam berbagai bidang, mulai dari sistem presensi berbasis pengenalan wajah yang terhubung dengan perangkat mobile, sistem keamanan akses menggunakan sensor biometrik, hingga sistem pengawasan berbasis sensor nirkabel untuk menjaga keamanan lingkungan [1],[2],[3]. Pertumbuhan populasi dan peningkatan produktivitas masyarakat di kota-kota besar maupun pusat perbelanjaan telah

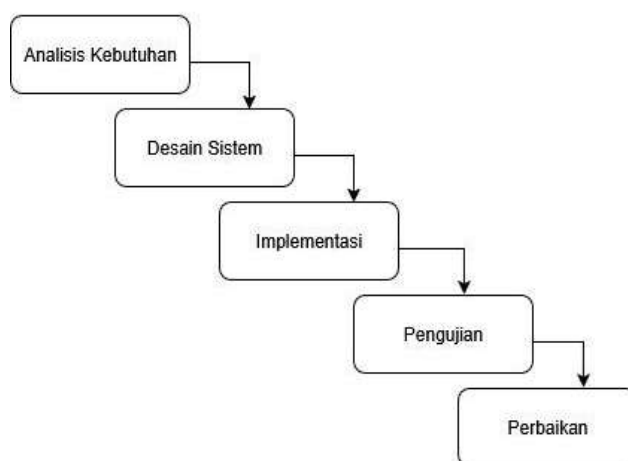
menimbulkan berbagai tantangan baru, salah satunya terkait keterbatasan lahan parkir [4]. Kesulitan dalam menemukan slot parkir yang tersedia tidak hanya menyita waktu, tetapi juga menimbulkan kemacetan di area parkir serta meningkatkan tingkat stres pengemudi [5]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem parkir cerdas (smart parking system) yang mampu mengoptimalkan pemanfaatan lahan sekaligus meningkatkan kenyamanan pengguna.

Konsep smart parking yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT) telah banyak diteliti dan terbukti menjanjikan dalam meningkatkan efisiensi manajemen parkir [6], [7]. Dengan memanfaatkan sensor dan aktuator yang terhubung ke mikrokontroler, informasi ketersediaan slot parkir dapat diperoleh secara real-time dan ditampilkan kepada pengemudi [8]. Selain itu, implementasi sistem ini dapat mengurangi kebutuhan pengawasan manual serta menekan biaya operasional [9]. Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah prototipe sistem parkir otomatis berbasis Arduino yang mengintegrasikan sensor Passive Infrared (PIR) untuk deteksi okupansi kendaraan di slot parkir maupun pintu masuk/keluar. Indikator visual berupa LED dan LCD 16x2 digunakan untuk menampilkan status ketersediaan parkir secara real-time [10]. Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memberikan peringatan jarak (parking alarm) yang dikombinasikan dengan buzzer sebagai umpan balik audio, sehingga dapat membantu pengemudi dalam melakukan manuver parkir dengan lebih presisi [11].

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan sensor PIR relatif efektif dalam mendeteksi keberadaan kendaraan karena konsumsi daya yang rendah dan sensitivitas tinggi. Sementara itu, integrasi dengan motor servo memungkinkan implementasi gerbang parkir otomatis yang dapat dikendalikan langsung melalui mikrokontroler. Penggunaan LCD dan buzzer sebagai antarmuka pengguna juga terbukti meningkatkan pengalaman pengemudi saat parkir [9], [12],[13]. Penelitian ini tidak hanya menitikberatkan pada perancangan arsitektur dan implementasi sistem parkir otomatis berbasis Arduino, tetapi juga mencakup evaluasi fungsionalitas prototipe melalui serangkaian pengujian. Tujuannya adalah memastikan sistem mampu beroperasi secara andal dalam kondisi nyata. Harapannya, sistem yang dikembangkan dapat menjadi solusi inovatif dalam menghadapi permasalahan parkir yang semakin kompleks, khususnya di kawasan perkotaan dan fasilitas umum, sekaligus menjadi dasar bagi pengembangan sistem parkir cerdas berbasis Internet of Things (IoT) yang lebih luas di masa mendatang.

2. Metode Penelitian

Perancangan ini mengadopsi pendekatan model waterfall yang bersifat sekuensial dan linier dalam pengembangan sistem parkir cerdas berbasis IoT [14]. Model ini kami pilih karena memberikan struktur yang jelas, tahapan yang terdefinisi, dan dokumentasi yang sistematis, cocok untuk proyek prototipe dengan persyaratan yang relatif stabil [15]. Tahapan-tahapan dalam perancangan sistem ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Metode Penelitian Waterfall

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode *waterfall* dengan beberapa tahapan guna mendapatkan data yang diperlukan. Tahapan tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan (*Requirements Analysis*)

Tahap ini melibatkan identifikasi dan pengumpulan semua kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Pada tahap ini mencakup penentuan bagaimana sistem akan mendeteksi kendaraan,

mengontrol gerbang, menampilkan informasi di LCD, memberikan indikasi LED, dan fungsi alarm parkir. Kebutuhan pin Arduino, jenis sensor (PIR, ultrasonik), servo, LCD, dan LED juga ditetapkan disini.

2. Desain Sistem (*System Design*)

Pada tahap ini, arsitektur sistem secara keseluruhan dirancang. Ini mencakup perancangan perangkat keras (skema rangkaian, penempatan komponen) dan perancangan perangkat lunak (algoritma, struktur data).

3. Implementasi (*Implementation*)

Berdasarkan rancangan yang dibuat, kode program (menggunakan bahasa C++ di Arduino IDE) ditulis untuk setiap modul fungsional. Perangkat keras dirakit dan dihubungkan sesuai skema rangkaian. Komponen-komponen seperti sensor PIR, sensor ultrasonik, LCD, LED, dan *buzzer* diintegrasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno.

4. Pengujian (*Testing*)

Setiap modul yang telah diimplementasikan diuji secara individual (unit testing) untuk memastikan fungsionalitasnya. Selanjutnya, seluruh sistem diintegrasikan dan diuji secara komprehensif (*system testing*) dalam skenario simulasi parkir. Pengujian ini memverifikasikan akurasi deteksi sensor, respons gerbang, kejelasan tampilan LCD, kebenaran indikator LED, dan fungsionalitas alarm parkir dalam berbagai kondisi.

5. Pemeliharaan (*Maintenance*)

Meskipun pada prototipe awal tahap ini lebih terbatas, dalam pengembangan sistem nyata, pemeliharaan melibatkan perbaikan bug, pembaruan fitur, dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan atau kebutuhan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kebutuhan Sistem

Berikut daftar perangkat keras yang diperlukan dalam merancang sistem parkir cerdas ini dapat dilihat pada tabel 1.:

Tabel 1. Daftar Perangkat Keras yang dibutuhkan

Nama	Banyaknya	Komponen
PIR 1	4	PIR Sensor
PIR 2		
PIR 3		
PIR 4		
SERVO1	2	Positional Micro Servo
SERVO2		
U2	2	Arduino Uno R3
U4		
U3	2	LCD 16x2
U1		
Rpot2	1	220k ohm Potentiometer
R2, R1, R3, R4, R5, R56	6	220 ohm Resistor
PIEZO1	1	Piezo
DIST1	1	Ultrasonic Distance Sensor (4-pin)
Rpot1	1	250k ohm Potentiometer
Resistor	1	330 ohm Resistor
D1, D4	2	Green LED
D2, D3, D4	3	Red LED

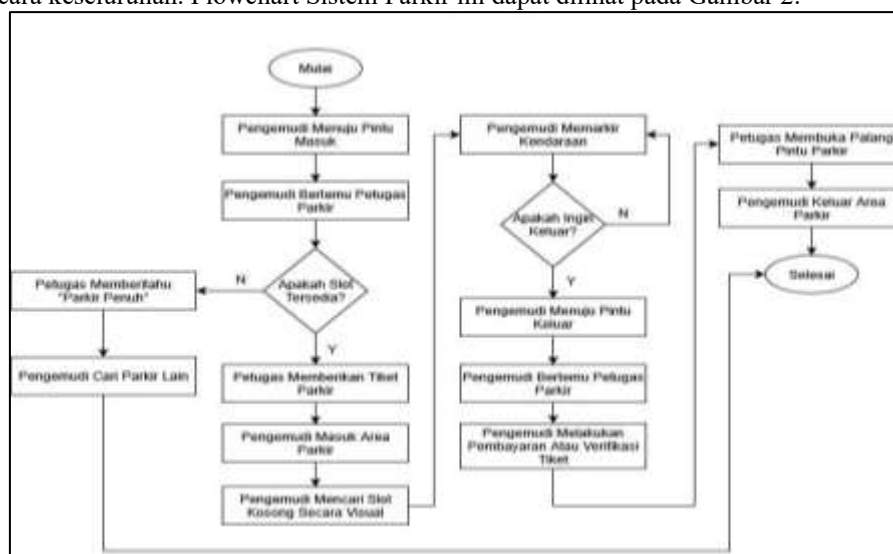
Tabel diatas merupakan daftar dari kebutuhan perangkat keras dalam merancang sistem parkir ini. Namun setiap perangkat keras diatas memiliki kategori fungsi sebagai berikut:

1. Sensor Deteksi Slot Parkir

Sensor *Passive Infrared (PIR)* digunakan setiap slot parkir (PIR_SLOT1, PIR_SLOT2, PIR_SLOT3) karena kemampuannya mendeteksi keberadaan kendaraan secara non-kontak dan efisiensi daya. Sensor *Infrared* merupakan perangkat cerdas yang memiliki kemampuan mendeteksi benda pada saat cahaya inframerah terhalangi sebuah benda. Analisis menunjukkan

- bahwa PIR lebih efektif untuk deteksi okupansi jangka panjang dibandingkan sensor ultrasonik yang lebih cocok untuk pengukuran jarak dinamis.
2. Sensor Akses Gerbang
Sensor PIR terpisah (PIR_ENTRY, PIR_EXIT) ditempatkan di pintu masuk dan keluar untuk mendeteksi kedatangan dan keberangkatan kendaraan, memicu respons gerbang.
 3. Mekanisme Pintu Masuk dan Pintu Keluar
Mekanisme pintu masuk dan pintu keluar pada sistem parkir otomatis ini bekerja dengan memanfaatkan sensor PIR untuk mendeteksi keberadaan kendaraan. Servo motor berfungsi sebagai penggerak palang pintu, dimana sudut putarannya dikontrol langsung oleh Arduino. Kemudian Arduino memproses sinyal tersebut untuk mengendalikan aktuator pembuka gerbang. Saat sensor PIR mendeteksi kendaraan, Arduino akan mengirim sinyal PWM ke servo untuk memutar porosnya ke sudut terbuka (90°), sehingga palang pintu terangkat. Selama proses, LED digunakan untuk mendeteksi jika ada kendaraan di dekat pintu masuk parkir. Setelah kendaraan lewat, Arduino mengembalikan sudut servo ke posisi awal (0°) agar pintu menutup kembali. Kemudian LCD menampilkan informasi seperti jumlah slot parkir yang tersedia. Kombinasi ini memastikan proses keluar-masuk kendaraan berlangsung otomatis, cepat, dan terpantau dengan jelas.
 4. Antarmuka Pengguna Dan Indikator
LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu jenis tampilan layar yang memanfaatkan sifat optik dari kristal cair. LCD 16x2 dipilih sebagai perangkat yang untuk menampilkan status slot parkir dan pesan peringatan yang detail. Dua LED (merah dan hijau) digunakan sebagai indikator visual yang cepat: merah untuk “parkir penuh” dan mengindikasikan bahwa ada kendaraan yang hendak keluar melalui pintu keluar serta hijau untuk mengindikasikan bahwa kendaraan bisa parkir.
 5. Modul Alarm Parkir
Sensor ultrasonik HC-SR04 diintegrasikan untuk mengukur jarak secara akurat, menyediakan data untuk sistem peringatan audio melalui *piezo buzzer* yang intensitasnya bervariasi sesuai kedekatan objek. Sensor Ultrasonik HC-SR04 merupakan perangkat yang dapat digunakan untuk mengukur jarak dari sebuah objek.

Untuk alur sistem parkir dengan metode manual (tanpa sistem otomatisasi) dijelaskan menggunakan gambar *flowchart* dibawah ini, yang menggambarkan setiap tahapan mulai dari kedatangan kendaraan di pintu masuk, proses pengecekan ketersediaan slot oleh petugas, pemberian tiket, hingga prosedur keluar parkir. *Flowchart* ini bertujuan memberikan gambaran visual yang jelas mengenai urutan proses dan interaksi antara pengemudi dengan petugas, sehingga memudahkan pemahaman alur kerja sistem parkir manual secara keseluruhan. Flowchart Sistem Parkir ini dapat dilihat pada Gambar 2.

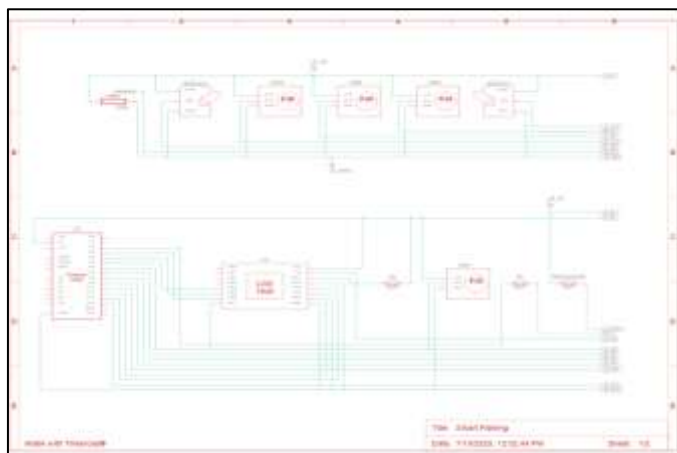


Gambar 2. *Flowchart* Sistem Parkir

Dengan *flowchart diatas*, maka dapat disimpulkan bahwa proses sistem parkir dimulai ketika kendaraan tiba di area masuk parkir. Pengemudi kemudian menuju pintu masuk dan berhenti di pos penjaga parkir untuk berinteraksi langsung dengan petugas. Petugas memeriksa ketersediaan slot parkir secara manual, misalnya dengan melihat langsung ke area parkir atau mendapatkan informasi dari rekan kerja. Jika slot parkir tersedia, petugas memberikan tiket parkir atau instruksi untuk masuk. Selanjutnya, pengemudi diarahkan masuk, mencari slot kosong secara visual, memarkir kendaraan di slot yang benar-benar belum terpakai, dan berhasil parkir.

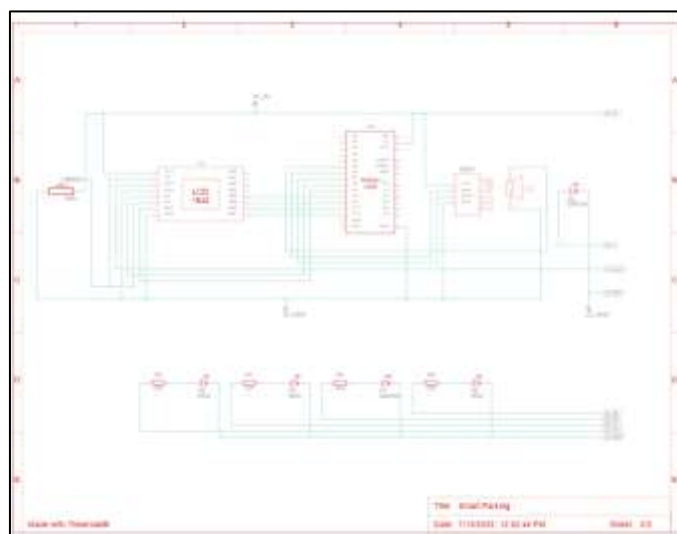
3.2. Desain Sistem

Skema ini menunjukkan hubungan hubungan antara Arduino Uno, sensor PIR, LCD 16x2, servo motor serta komponen pendukung seperti resistor dan potensiometer. Setiap komponen terhubung sesuai dengan fungsi masing-masing, dimana sensor PIR digunakan untuk mendeteksi kendaraan untuk mengoperasikan gerbang masuk dan keluar, LCD untuk menampilkan informasi jumlah slot yang tersedia, dan resistor maupun potensiometer untuk mengatur sinyal serta kecerahan tampilan. Rangkaian ini dirancang agar seluruh proses deteksi, pengendalian gerbang, dan penyampaian informasi dapat berjalan otomatis dan terintegrasi dengan baik. Rancangan skema perangkat area parkir dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Skema Perangkat Area Parkir

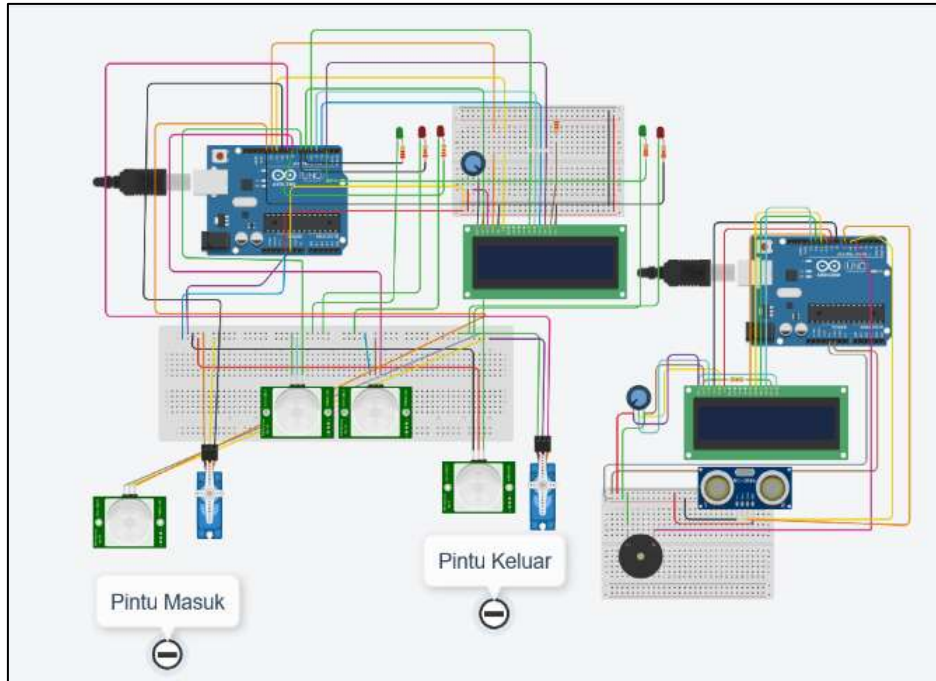
Alarm parkir menggunakan beberapa perangkat untuk mendukung kinerja alarm agar tetap optimal. Berikut skema perangkat cerdas yang digunakan. Rancangan skema perangkat alarm parkir dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Skema Perangkat Alarm Parkir

3.3. Implementasi

Sistem parkir cerdas telah berhasil dibuat. Namun masih belum sempurna dan masih memerlukan tahap lanjutan dan penyempurnaan. Berikut tampilan Sistem Parkir Cerdas menggunakan Arduino yang telah kami capai. Hasil perancangan sistem dapat dilihat pada gambar 5.

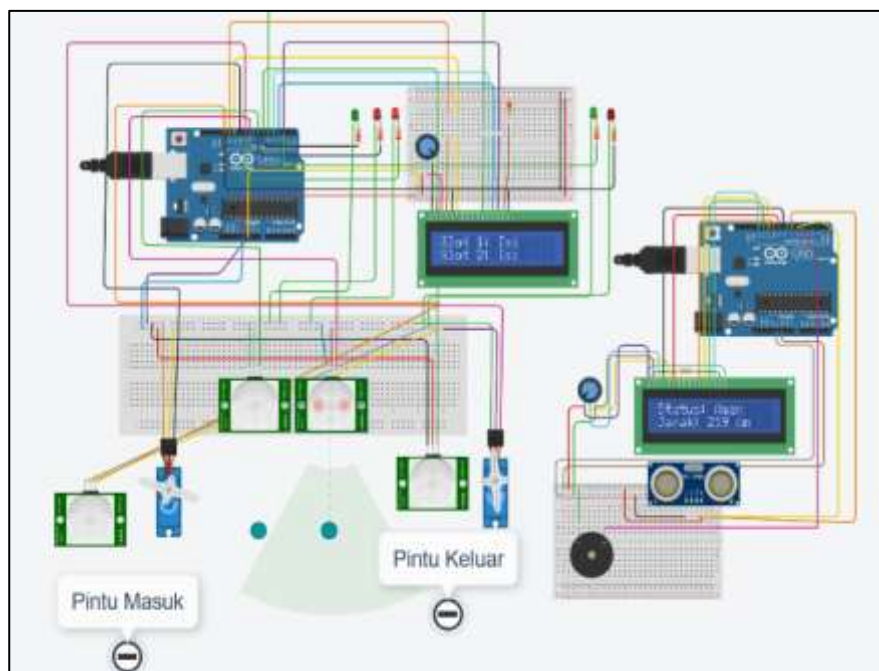


Gambar 5. Hasil Perancangan Sistem yang dilakukan

Sistem parkir otomatis ini dirancang menggunakan dua unit Arduino yang saling terintegrasi untuk mengatur pintu masuk dan pintu keluar kendaraan. Pada bagian pintu masuk, sensor PIR digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan. Ketika kendaraan terdeteksi, Arduino mengirimkan sinyal untuk menggerakkan servo motor sehingga palang pintu terbuka secara otomatis. LCD menampilkan informasi status slot parkir yang tersedia. Pada pintu keluar, sistem dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kendaraan yang hendak keluar. LED indikator digunakan untuk memberikan sinyal visual kondisi di pintu keluar, sedangkan buzzer berfungsi memberikan peringatan suara saat pintu terbuka atau tertutup. Integrasi seluruh komponen ini memastikan proses keluar dan masuk kendaraan berlangsung otomatis, cepat, dan terpantau dengan jelas melalui layar LCD.

3.4. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian menyeluruh terhadap seluruh komponen yang digunakan dalam sistem parkir otomatis berbasis Arduino. Pengujian dilakukan untuk memastikan gerakan membuka dan menutup pintu berlangsung lancar sesuai perintah dari mikrokontroler. Modul LCD diverifikasi kemampuannya dalam menampilkan informasi jumlah slot parkir yang tersedia secara real time. Selain itu, semua rangkaian kabel dan koneksi antar komponen diperiksa agar tidak terjadi kesalahan sambungan yang dapat mengganggu kinerja sistem. Semua komponen yang digunakan telah terhubung ke Arduino. Hasil pengujian sistem dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Hasil Pengujian

3.5. Perbaikan

Perbaikan sistem dilakukan secara berkala untuk memastikan seluruh komponen bekerja dengan optimal dan mencegah terjadinya kerusakan yang dapat mengganggu fungsi sistem. Proses pemeliharaan meliputi pengecekan kondisi fisik perangkat keras seperti sensor PIR, sensor ultrasonik, modul LCD, dan motor servo untuk memastikan tidak ada kerusakan mekanis maupun kabel yang terlepas. Selain itu, dilakukan pembersihan debu dan kotoran yang dapat mengganggu kinerja sensor, serta pemeriksaan daya dan koneksi listrik untuk memastikan suplai tegangan tetap stabil. Dari sisi perangkat lunak, dilakukan pembaharuan atau pengoptimalan program Arduino jika ditemukan bug, atau kebutuhan peningkatan fitur. Dengan pemeliharaan yang rutin, sistem parkir cerdas dapat beroperasi secara konsisten, akurat, dan memiliki umur pakai yang lebih lama.

4. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem parkir otomatis berbasis Arduino dengan memanfaatkan sensor PIR sebagai pendeteksi kendaraan, servo motor sebagai aktuator palang pintu, serta dukungan sensor ultrasonik, buzzer, LED, dan LCD sebagai antarmuka pengguna. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu mendeteksi kendaraan secara real-time, mengendalikan gerbang masuk dan keluar secara otomatis, serta menampilkan informasi ketersediaan slot parkir dengan akurat melalui indikator visual dan audio. Integrasi seluruh komponen menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengurangi waktu pencarian slot parkir, mengoptimalkan pemanfaatan lahan parkir, dan meningkatkan keamanan serta kenyamanan pengguna. Meskipun prototipe ini sudah berjalan sesuai rancangan, pengembangan lebih lanjut diperlukan, khususnya dalam aspek skalabilitas sistem, integrasi dengan jaringan IoT, serta peningkatan keandalan sensor agar dapat diterapkan secara lebih luas pada lingkungan nyata seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, maupun kawasan perkotaan..

Daftar Pustaka

- [1] H. Hisyam, N. Nabilah, L. J. Fadhillah, And I. Ady, "Perancangan Aplikasi Presensi Karyawan Berbasis Android Dengan Fitur Pengenalan Wajah Terintegrasi Gps," In *Sendiko*, 2025, Pp. 93–102.
- [2] N. S. Jati, Y. A. Yuliana, And I. A. Saputro, "Perancangan Sistem Penguncian Pintu Dengan Fingerprint Fpm10a Berbasis Arduino Uno," In *Seminar Nasional Amikom Surakarta (Semnasa)*, 2023, No. November, Pp. 160–168.
- [3] A. Rahman, M. Hanafi, R. Z. Aswar, And I. A. Saputro, "Sistem Keamanan Kotak Amal Masjid Berbasis Wireless Sensor," *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, Pp. 840–848, 2024.

- [4] D. A. Wibowo, R. A. Dhafin, R. J. Tumewang, And Y. Servanda, "Perancangan Smart Parking Berbasis Iot Untuk Pengelolaan Parkir," *J. Teknol. Dan Sist. Komput.*, Vol. 11, No. 1, Pp. 36–41, 2025.
- [5] A. Syahnas, A. Mulyana, And Hafidudin, "Perancangan Dan Realisasi Prototipe Perangkat Keras Sistem Smart Parking Berbasis Iot," *E-Proceeding Appl. Sci.*, Vol. 9, No. 1, Pp. 171–176, 2023, [Online]. Available: <https://Openlibrarypublications.Telkomuniversity.Ac.Id/Index.Php/Appliedscience/Article/View/21180>
- [6] W. R. Pratama And R. K. Pertiwi, "Aplikasi Smart Parking Berbasis Mqtt Untuk Pemantauan Slot Parkir," *J. Inf. Technol. Electr. Eng.*, Vol. 4, No. 2, Pp. 35–41, 2023, Doi: 10.20895/Jitet.V4i2.855.
- [7] A. E. Reswara, J. D. Irawan, And F. X. Ariwibisono, "Rancang Bangun Sistem Smart Parking Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Jati (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, Vol. 8, No. 6, Pp. 12385–12390, 2024.
- [8] A. Wihandanto, A. J. Taufiq, And W. Dwiono, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Smart Parking Berbasis Iot Menggunakan Node Mcu Esp8266," *J. Tek. Elektro Dan Komput. Triac*, Vol. 8, No. 1, Pp. 18–22, 2021, Doi: 10.21107/Triac.V8i1.10413.
- [9] J. Susilo, N. Suheri, U. Rahmalisa, And Y. Irawan, "Car Parking Distance Controller Using Ultrasonic Sensors And Arduino," *J. Robot. Control*, Vol. 2, No. 6, Pp. 496–501, 2021, [Online]. Available: <https://Journal.Umy.Ac.Id/Index.Php/Jrc/Article/Download/10184/5893/36761>
- [10] Y. E. Masyarik, D. Kurnianto, And N. A. Zen, "Rancang Bangun Purwarupa Sistem Parkir Otomatis Menggunakan Rfid Dan Sensor Ir Proximity," *J. Inform. Eng.*, Vol. 14, No. 2, Pp. 74–82, 2022, Doi: 10.30630/Eji.14.2.300.
- [11] I. W. Suriana, I. P. Budiarta, And N. K. A. W. Eliandari, "Design Of Automatic Car Parking Sensor System Using Arduino Uno And Hc-Mbox-Sr04 Ultrasonic Sensor," *Oper. Syst. Technol. J.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 21–28, 2025, [Online]. Available: <https://Opscitech.Com/Journal/Article/View/147>
- [12] G. R. Koten, L. Londa, And S. Rumapea, "Penerapan Internet Of Things Pada Smart Parking System Untuk Mengurangi Kemacetan Saat Masuk Area Parkir," *J. Teknol. Inf. Dan Manaj. Rekayasa*, Vol. 3, No. 1, Pp. 44–52, 2023, [Online]. Available: <https://Ojs.Uajy.Ac.Id/Index.Php/Jtimr/Article/View/7204>
- [13] S. Ghosh And A. Roy, "Iot-Enabled Waste Management: Opportunities And Challenges," *J. Clean. Prod.*, Vol. 290, P. 125605, 2021.
- [14] R. Wahyuningrum And L. Febrianto, "Rancang Bangun Prototype Sistem Kontrol Kunci Pintu Berbasis Voice Recognition Arduino Uno & Sensor Bluetooth," *J. Esensi Infokom J. Esensi Sist. Inf. Dan Sist. Komput.*, Vol. Null, P. Null, 2023, Doi: 10.55886/Infokom.V7i2.755.
- [15] G. W. Khairunnisa, I. Arwani, And B. T. Hanggara, "Pengembangan Sistem Informasi Point Of Sales Berbasis Web Menggunakan Framework Laravel (Studi Kasus : Meetup Station)," Vol. 6, No. 4, Pp. 1858–1864, 2022.