

PERANCANGAN SISTEM MONITORING PARKIR DAN KONTROL GERBANG OTOMATIS BERBASIS PLAT NOMOR UNTUK KAWASAN KOMERSIAL

Ahmad Fauzan^{1*)}, Chika Indriyanti Suryana¹, Sumardi¹, dan Yosua Alvin Adi Soetrisno¹

¹Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

*) Email: ahmadfauzaann@students.undip.ac.id

Abstrak

Pengelolaan parkir yang efisien dan terintegrasi menjadi kebutuhan penting di kawasan komersial yang memiliki tingkat mobilitas tinggi. Penelitian ini merancang sistem monitoring lahan parkir dan kontrol gerbang otomatis berbasis deteksi plat nomor guna meningkatkan efisiensi parkir. Sistem ini menggabungkan teknologi kamera, YOLOv8 untuk deteksi objek (plat nomor), EasyOCR untuk pembacaan karakter, serta firebase realtime database sebagai pusat integrasi data. Sedangkan monitoring ketersediaan slot parkir dilakukan melalui sensor ultrasonik HC-SR04 yang terintegrasi dengan indikator LED melalui relay. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan membaca plat nomor dengan tingkat keberhasilan 100% dalam kondisi terang atau minim cahaya, namun tidak berfungsi dalam kondisi gelap total. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu memberikan pembaruan status secara akurat dengan rata-rata waktu respon 2,6 detik, sedangkan LED indikator merespons perubahan status Firebase dengan rata-rata waktu 1,4 detik dan akurasi 100%. Dengan rancangan ini, sistem dapat menjadi solusi efektif dan terjangkau dalam manajemen parkir otomatis di lingkungan komersial.

Kata kunci : YOLOv8, EasyOCR, Firebase, ESP32, HC-SR04

Abstract

Efficient and integrated parking management is an essential need in commercial areas with high mobility. This study designs a parking lot monitoring system and automatic gate control based on license plate recognition to enhance parking efficiency. The system integrates camera technology, YOLOv8 for object detection (license plates), EasyOCR for character recognition, and firebase realtime database as the central data integration platform. While parking slot availability monitoring utilizes the HC-SR04 ultrasonic sensor integrated with LED indicators via relays. Testing results show that the system successfully detects and reads license plates with a 100% success rate under bright or low-light conditions, although it does not function in total darkness. The HC-SR04 ultrasonic sensor accurately updates slot status with an average response time of 2.6 seconds, and the LED indicator responds to Firebase status changes with an average response time of 1.4 seconds and 100% accuracy. With this design, the system is effective and affordable solution for automated parking management in commercial environments.

Keywords : YOLOv8, EasyOCR, Firebase, ESP32, HC-SR04

1. Pendahuluan

Pertumbuhan jumlah kendaraan pribadi, terutama mobil penumpang, di kawasan perkotaan Indonesia mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah unit mobil meningkat dari 14,83 juta unit pada tahun 2018 menjadi 17,17 juta unit pada tahun 2022. Peningkatan ini memperburuk permasalahan keterbatasan lahan parkir, terutama di kawasan komersial seperti pusat perbelanjaan, rumah sakit, dan gedung perkantoran, di mana jumlah slot parkir tidak sebanding dengan jumlah kendaraan yang terus bertambah. Dampaknya, pengemudi harus menghabiskan waktu berputar-putar mencari slot kosong dikarenakan penggunaan ruang parkir yang tidak optimal, yang tidak hanya menyebabkan pemborosan waktu dan bahan bakar, tetapi juga turut meningkatkan emisi karbon. Studi menunjukkan bahwa aktivitas pencarian parkir dapat meningkatkan emisi CO₂ sebesar 14,3% hingga 30,4% selama satu jam kemacetan[1]. Sisi lain sistem gerbang parkir yang telah diterapkan masih ada yang mengandalkan tiket fisik dan pembayaran manual, yang sering kali menyebabkan antrean, keterlambatan, dan interaksi fisik yang tidak efisien. Untuk mengatasi permasalahan ini, diperlukan inovasi dalam sistem manajemen parkir yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan pengunjung.

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengatasi persoalan ini, salah satunya adalah penerapan sistem parkir pintar berbasis Internet of Things. Sistem ini memungkinkan deteksi kendaraan dan monitoring ketersediaan lahan parkir secara real-time menggunakan sensor ultrasonik, serta pengelolaan data yang efisien melalui integrasi cloud[2][3]. Di sisi lain, perkembangan teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan telah memungkinkan pengenalan plat nomor kendaraan secara otomatis. Model deep learning seperti YOLOv8 terbukti mampu mendeteksi area plat nomor dengan cepat dan akurat, bahkan dalam kondisi pencahayaan rendah dan sudut pandang bervariasi[4]. Dikombinasikan dengan Optical Character Recognition (OCR) seperti EasyOCR, sistem mampu mengekstraksi teks dari plat nomor guna validasi dan manajemen data kendaraan[5]. Untuk itu, dalam perancangan sistem monitoring lahan parkir dan kontrol gerbang otomatis berbasis plat nomor untuk mendukung parkir yang efisien di kawasan komersial. Pada sistem monitoring lahan parkir, setiap slot parkir dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan. Sisi lain sebagai bentuk informasi visual kepada pengunjung, pada setiap slot juga dipasang indikator pilot lamp. Lampu ini akan menyala merah jika slot telah diboeking atau sedang ditempati, dan sebaliknya akan mati jika slot kosong dan belum diboeking. Dengan begitu, indikator ini tidak hanya berfungsi sebagai penanda status slot parkir, tetapi juga memberikan informasi

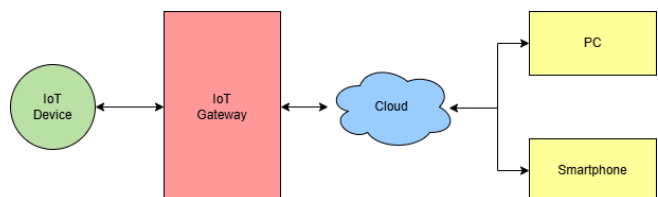
secara visual secara langsung kepada pengemudi, sehingga mereka dapat dengan mudah mengetahui ketersediaan slot parkir tanpa harus melihat aplikasi atau bertanya kepada petugas. Seluruh pilot lamp dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 melalui modul relay berdasarkan data dari database secara real-time.

Pada sistem gerbang otomatis, kamera yang dipasang di area gerbang digunakan untuk menangkap gambar plat nomor kendaraan yang mendekat. Gambar tersebut diproses menggunakan YOLOv8 untuk mendeteksi area plat nomor, kemudian EasyOCR digunakan untuk mengekstrak teks dari plat nomor tersebut. Hasil pembacaan teks plat nomor dibandingkan dengan data booking yang tersimpan di Firebase. Jika plat nomor terverifikasi sesuai data booking, sistem akan memberikan perintah untuk membuka gerbang secara otomatis. Setelah kendaraan melintas, gerbang akan ditutup kembali secara otomatis. Dengan demikian, sistem yang dirancang bertujuan untuk memudahkan pengunjung dalam menemukan slot parkir yang tersedia, dengan menyediakan informasi ketersediaan secara real-time melalui antarmuka aplikasi. Hal ini secara langsung dapat mengurangi waktu pencarian parkir serta menurunkan emisi karbon dari kendaraan yang berputar-putar di kawasan komersial perkotaan. Selain itu, sistem ini juga ditujukan untuk mengeliminasi penggunaan tiket fisik yang kurang efisien di gerbang parkir, guna meningkatkan efisiensi dalam manajemen parkir secara menyeluruh.

2. Metode Pelaksanaan

2.1 Internet Of Things

Internet of Things (IoT) adalah konsep paradigma interkoneksi objek menggunakan koneksi wireless dan wired dengan skema pengalamatan yang unik yang dapat saling berinteraksi satu sama lain untuk mencapai suatu tujuan tertentu. IoT melakukan komunikasi antara sensor/hardware (things), software, dan koneksi internet sehingga dapat bertukar data, menghasilkan sebuah data informasi, dan melakukan aksi tertentu yang dapat diakses pengguna dari jarak jauh[6]. Diagram blok IoT ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok IoT

Implementasi IoT memberikan berbagai manfaat signifikan, antara lain meningkatkan efisiensi operasional, menghemat biaya, dan meningkatkan produktivitas. Dalam sektor industri, IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian

otomatis yang lebih baik dari peralatan produksi, sehingga mengurangi keterlibatan sumber daya manusia dan mengoptimalkan pekerjaan kompleks melalui koneksi ke server. Di sektor transportasi, penerapan IoT dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan, seperti yang dilakukan di Singapura dengan proyek "Traffic Brain" yang berhasil mempercepat waktu tempuh hingga 27% melalui integrasi data lalu lintas secara real-time[7]. Seiring perkembangan teknologi, tren IoT pada tahun 2025 diprediksi akan semakin berkembang dengan dukungan jaringan 5G yang memungkinkan koneksi internet lebih cepat dan stabil. Hal ini akan mendukung perangkat rumah pintar, kendaraan otonom, dan sistem industri berbasis IoT untuk berfungsi secara lebih optimal. Selain itu, integrasi Artificial Intelligence (AI) dalam sistem IoT, dikenal sebagai AIoT, memungkinkan perangkat untuk belajar dan beradaptasi secara mandiri, meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem secara keseluruhan[7].

2.2 YoloV8

YOLOv8 (You Only Look Once versi 8) adalah algoritma deteksi objek berbasis deep learning yang dirancang untuk mendeteksi dan mengenali objek secara real-time dengan akurasi tinggi. Dibandingkan versi sebelumnya, YOLOv8 menawarkan peningkatan dalam hal efisiensi dan kecepatan, menjadikannya cocok digunakan pada perangkat dengan sumber daya terbatas. YOLOv8 bekerja sebagai one-stage detector, yaitu mendeteksi dan mengklasifikasi objek dalam satu proses, sehingga sangat cepat dan efisien[8]. Dalam konteks perancangan ini, YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi posisi plat nomor kendaraan dari gambar yang ditangkap kamera di gerbang masuk. Deteksi plat ini menjadi tahap awal sebelum karakter pada plat dibaca oleh sistem OCR (EasyOCR). Kemampuan real-time YOLOv8 memungkinkan sistem segera merespons kedatangan kendaraan dan melanjutkan ke proses verifikasi data, sehingga mendukung otomatisasi penuh dalam pengendalian akses parkir berbasis IoT.

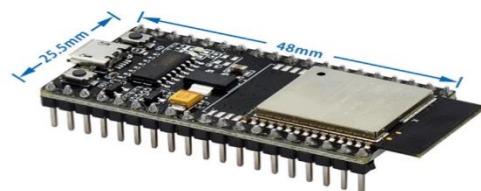
2.3 EasyOCR

EasyOCR adalah pustaka open-source berbasis Python yang dikembangkan menggunakan deep learning dan dirancang untuk melakukan Optical Character Recognition (OCR) secara fleksibel dan akurat. EasyOCR menggunakan arsitektur neural network yang menggabungkan Convolutional Neural Network (CNN) untuk ekstraksi fitur, Long Short-Term Memory (LSTM) untuk memahami urutan karakter, serta Connectionist Temporal Classification (CTC) untuk decoding hasil pengenalan. EasyOCR mendukung lebih dari 80 bahasa dan mampu mengenali teks dalam berbagai kondisi seperti latar belakang kompleks, orientasi miring, atau kontras rendah[9].

Dengan kemampuan tersebut, EasyOCR sangat sesuai digunakan dalam sistem otomatis yang memerlukan pembacaan teks dari citra secara real-time, seperti sistem pengenalan plat nomor kendaraan. Dalam perancangan ini, EasyOCR digunakan setelah YOLOv8 mendeteksi dan memotong area plat nomor kendaraan dari citra kamera. EasyOCR kemudian membaca karakter dari plat nomor tersebut dan menghasilkan string teks yang digunakan untuk mencocokkan data booking di Firebase. Penelitian oleh Burkpalli et al menunjukkan bahwa EasyOCR mampu mendeteksi teks pada plat nomor kendaraan dengan akurasi tinggi[10]. Penerapan ini menunjukkan EasyOCR memungkinkan membuat sistem parkir bekerja tanpa interaksi fisik atau tiket, serta mengotomatisasi validasi kendaraan secara efisien.

2.4 ESP 32

ESP32 merupakan mikrokontroler berkinerja tinggi yang dirancang oleh Espressif Systems dan memiliki keunggulan utama berupa konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth Low Energy (BLE) yang terintegrasi dalam satu chip. Modul ini menggunakan prosesor dual-core Tensilica Xtensa LX6 dengan kecepatan hingga 240 MHz, serta mendukung antarmuka input/output digital seperti UART, I2C, SPI, ADC, dan PWM. Selain itu, ESP32 juga dilengkapi dengan memori SRAM dan flash yang cukup besar sehingga mampu menjalankan aplikasi IoT berskala menengah hingga besar secara stabil dan efisien. Kemampuan konektivitas nirkabel dari ESP32 menjadikannya pilihan ideal untuk sistem yang membutuhkan komunikasi real-time antar perangkat dan server berbasis cloud, seperti sistem parkir pintar yang mengandalkan pemantauan dan kontrol dari jarak jauh. Modul ESP32 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul ESP 32

Dalam konteks pengembangan sistem monitoring lahan parkir, ESP32 memainkan peran penting sebagai pusat kendali utama yang mengoordinasikan berbagai komponen seperti sensor ultrasonik dan modul relay. Keandalannya dalam menangani berbagai proses secara paralel menjadikan ESP32 sangat sesuai untuk mengelola sistem pemantauan slot parkir secara real-time. Berdasarkan studi oleh Messoudi et al., ESP32 terbukti efisien dalam mentransmisikan data sensor secara langsung pada proyek *a smart real-time*

parking control and monitoring system, dengan konsumsi daya yang rendah dan latensi komunikasi yang minimal [11]. Selain itu, ESP32 juga mendukung integrasi dengan layanan cloud seperti Google Firebase, memungkinkan pengiriman data status ketersediaan slot parkir ke aplikasi mobile secara cepat dan andal, seperti ditunjukkan dalam penelitian oleh Usman et al. yang menggunakan ESP32 untuk sistem pemantauan IoT [12].

Dalam sistem ini, sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di masing-masing slot parkir, sementara modul relay dapat mengendalikan perangkat tambahan seperti lampu indikator atau pengunci slot otomatis. Kemampuan ESP32 dalam membaca data sensor dan mengaktifkan aktuator secara responsif menjadikannya sangat relevan untuk sistem parkir yang membutuhkan efisiensi dan keandalan tinggi. Dengan arsitektur terbuka serta ekosistem pengembangan yang luas, penggunaan ESP32 juga memberikan fleksibilitas dan efisiensi biaya dalam pengembangan sistem monitoring parkir yang dapat disesuaikan untuk berbagai kebutuhan kawasan parkir perkotaan yang dinamis.

2.5 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 merupakan sensor pengukur jarak berbasis gelombang ultrasonik yang bekerja dengan prinsip time-of-flight, yaitu mengukur waktu tempuh gelombang suara yang dipantulkan oleh objek untuk menghitung jarak. Sensor ini terdiri dari dua komponen utama: transmitter (pemancar) dan receiver (penerima). Transmitter mengirimkan sinyal ultrasonik dengan frekuensi 40 kHz, kemudian receiver menangkap gelombang yang dipantulkan kembali oleh objek di depannya. Waktu antara pengiriman dan penerimaan gelombang tersebut digunakan untuk menghitung jarak berdasarkan rumus kecepatan gelombang suara di udara. Sensor HC-SR04 memiliki jangkauan efektif sekitar 2 cm hingga 400 cm dengan tingkat akurasi ± 3 mm. Karena menggunakan antarmuka digital sederhana (trigger dan echo), sensor ini banyak digunakan dalam aplikasi robotika, otomasi, dan sistem berbasis IoT, termasuk sistem parkir pintar. Sensor ultrasonik HC-SR04 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor ultrasonik HC-SR04

Dalam konteks makalah ini sistem parkir otomatis, sensor HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi kehadiran kendaraan

pada tiap slot parkir. Sensor ini berperan sebagai alat utama untuk memberikan informasi status lahan parkir—apakah kosong atau terisi—secara real-time. Karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, dan biaya yang terjangkau, sensor HC-SR04 sangat populer dalam pengembangan sistem parkir berskala kecil hingga menengah. Penelitian oleh Sari et al. menunjukkan bahwa integrasi HC-SR04 dengan mikrokontroler seperti ESP32 menghasilkan sistem monitoring yang akurat dan efisien, dengan waktu respon cepat dan toleransi kesalahan yang rendah[13]. Kelebihan sensor ini dalam mendeteksi objek statis dengan presisi tinggi menjadikannya sangat relevan untuk mendukung sistem parkir pintar yang dirancang dalam makalah ini. Setiap sensor dipasang pada slot parkir individual, mengirimkan data ke mikrokontroler yang terhubung ke Firebase, lalu ditampilkan dalam aplikasi mobile. Implementasi ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan pengguna, tetapi juga memungkinkan sistem manajemen parkir untuk melakukan analisis okupansi berbasis data secara efisien. Meskipun HC-SR04 tidak tahan terhadap air seperti JSN-SR04T, sensor ini tetap ideal untuk penggunaan di area parkir indoor atau semi-indoor. Dengan integrasi yang mudah dan dokumentasi luas, HC-SR04 tetap menjadi pilihan ekonomis yang kuat untuk solusi smart parking berbasis IoT.

2.6 Relay

Relay merupakan sebuah saklar atau switch yang biasa dioperasikan pada sistem rangkaian listrik. Pada dasarnya relay terdiri dari dua bagian utama yaitu kumparan elektromagnet (Coil) dan mekanikal (switching set/switching contact). Prinsip kerja relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga memungkinkan arus listrik yang kecil (low power) menghantarkan listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Adapun relay yang digunakan pada makalah ini adalah relay Single-Pole Double-Throw (SPDT) merupakan relay elektromagnetik yang mempunyai 5 terminal, 3 terminal berfungsi sebagai saklar (normally open, common, normally closed), dan 2 berfungsi sebagai coil untuk menggerakkan saklar. Relay SPDT memungkinkan untuk dikontrol melalui mikrokontroler seperti Arduino. Kelebihan dari relay ini diantaranya memiliki daya tahan yang tinggi, ukuran yang minimalis, dan memiliki kemampuan bekerja pada jenis beban listrik yang variatif [14][15]. Gambar relay SPDT ditunjukkan pada Gambar 4.

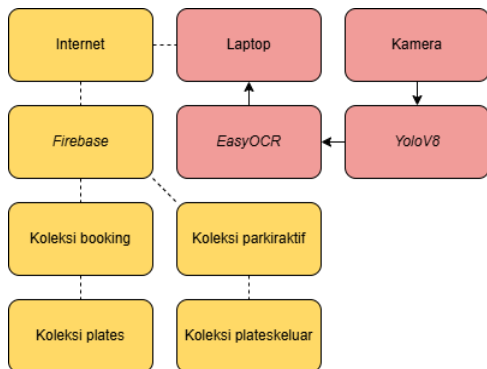


Gambar 4. SPDT relay 6 channel

2.7 Perancangan Sistem

2.7.1 Diagram Sistem Deteksi Plat Nomor

Pada bagian ini disajikan diagram sistem deteksi kendaraan yang mampu mengenali plat nomor secara otomatis dan akurat. Diagram sistem deteksi plat nomor ditunjukkan pada Gambar 5



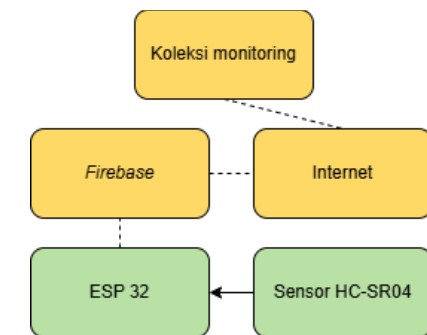
Gambar 5. Diagram sistem deteksi plat nomor

Gambar 5 memperlihatkan diagram sistem yang menggambarkan alur proses deteksi kendaraan secara menyeluruh, mulai dari input kamera hingga penyimpanan data ke cloud. Sistem ini menggunakan dua kamera yang ditempatkan di gerbang masuk dan keluar untuk menangkap gambar kendaraan secara real-time. Gambar yang diambil akan diproses oleh unit komputasi (komputer atau laptop) menggunakan algoritma YOLOv8 untuk mendeteksi lokasi plat nomor. YOLOv8 bekerja dengan membagi citra menjadi grid dan memprediksi keberadaan objek beserta bounding box-nya. Model dilatih menggunakan dataset lokal yang telah dianotasi, dan hanya prediksi dengan confidence score di atas 0,8 yang diproses lebih lanjut. Setelah area plat nomor terdeteksi, sistem memotong bagian citra tersebut dan mengubahnya ke dalam format grayscale, kemudian mengurangi noise menggunakan Gaussian blur. Citra hasil preprocessing ini kemudian dikirim ke EasyOCR untuk proses Optical Character Recognition (OCR). EasyOCR mendeteksi area teks menggunakan model CRAFT dan mengenali karakter menggunakan kombinasi CNN dan LSTM, menghasilkan string teks plat nomor seperti "B1234XYZ". Teks hasil OCR ini kemudian digunakan untuk proses validasi seperti pencocokan dengan data booking atau riwayat parkir. Seluruh hasil pengenalan plat nomor disimpan di Firebase Firestore, yang berfungsi sebagai basis data cloud real-time. Beberapa koleksi data yang digunakan dalam sistem antara lain *booking*, *plates*, *parkiraktif*, dan *plateskeluar*. Data ini dapat diakses oleh subsistem lain, seperti kontrol gerbang dan aplikasi monitoring. Selain itu, sistem dilengkapi dengan antarmuka visual berbasis OpenCV yang menampilkan hasil deteksi secara langsung, serta log aktivitas untuk kebutuhan

pemantauan dan debugging. Untuk mendukung pemrosesan paralel antara kamera masuk dan keluar, sistem ini menggunakan metode multithreading, di mana setiap kamera dijalankan pada thread terpisah agar tidak saling mengganggu dan tetap berjalan secara simultan.

2.7.2 Diagram Sistem Deteksi Slot Parkir

Pada bagian ini disajikan diagram sistem deteksi slot parkir kendaraan yang dirancang untuk memantau ketersediaan lahan parkir secara otomatis dan real-time. Sistem ini memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai alat utama untuk mendeteksi keberadaan kendaraan pada masing-masing slot parkir, serta dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses pusat. Diagram sistem deteksi slot parkir ditunjukkan pada Gambar 6



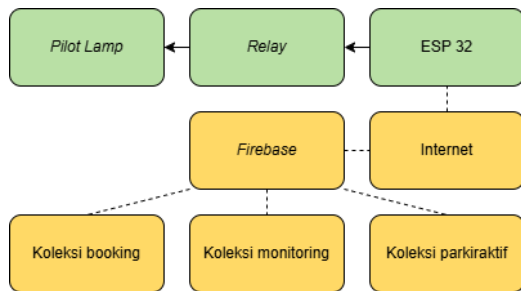
Gambar 6. Diagram sistem deteksi slot parkir

Gambar 6 menunjukkan diagram sistem deteksi slot parkir berbasis sensor ultrasonik yang terintegrasi dengan cloud. Sistem ini dirancang untuk memantau status ketersediaan slot parkir (kosong atau terisi) secara otomatis dan real-time. Setiap slot parkir dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang mendeteksi jarak kendaraan menggunakan gelombang suara frekuensi 40 kHz. Jarak diukur berdasarkan waktu tempuh gelombang dari sensor ke objek dan kembali, lalu dihitung oleh mikrokontroler ESP32. ESP32 DevKit V1 berperan sebagai pengendali utama yang membaca data dari sensor, memproses logika kondisi parkir, dan mengirimkan status ke Firebase Firestore melalui koneksi WiFi. Dalam sistem ini digunakan tiga sensor untuk tiga slot parkir (A1, A2, A3) agar menjaga kestabilan, menghindari interferensi antar sensor, dan tetap ringan untuk pengujian prototipe. Sensor dibaca secara sekuensial dengan interval sekitar 200 ms untuk menjaga responsivitas sistem. Data status slot parkir dikirim ke Firebase dan disimpan dalam koleksi *monitoring* yang berisi dokumen berdasarkan nama slot. Ketika kendaraan terdeteksi, dokumen diperbarui dengan status terisi, dan dihapus kembali saat kendaraan keluar. Firebase berfungsi sebagai backend cloud yang memungkinkan akses data secara real-time oleh aplikasi mobile, sistem kontrol, atau dashboard monitoring. Dengan

pendekatan ini, sistem mampu memberikan pemantauan slot parkir yang efisien, modular, dan mudah dikembangkan.

2.7.3 Diagram Sistem LED Indikator Slot Parkir

Pada bagian ini disajikan diagram Indikator LED Slot Parkir yang dirancang menggambarkan visualisasi kepada pengunjung secara langsung untuk memberikan informasi ketersediaan lahan parkir, serta dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses pusat. Diagram sistem led indikator slot parkir ditunjukkan pada Gambar 7



Gambar 7. Diagram sistem led indikator slot parkir

Gambar 7 menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem indikator slot parkir yang menggunakan ESP32 dan Firebase sebagai pusat integrasi data. Diagram ini terdiri dari tiga lapisan utama: komponen fisik, jaringan cloud, dan struktur data di Firebase. Pada bagian fisik, sistem terdiri dari pilot lamp sebagai indikator visual yang menyala atau mati sesuai status slot parkir, relay sebagai saklar elektronik yang mengatur pilot lamp, dan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung ke internet dan membaca data dari Firebase untuk mengaktifkan atau mematikan relay. Lapisan jaringan melibatkan koneksi internet sebagai penghubung antara ESP32 dan Firebase, yang digunakan sebagai platform database real-time. Firebase menyimpan data kondisi slot parkir dalam beberapa koleksi, antara lain: *booking* untuk data reservasi slot yang dapat mengaktifkan lampu indikator booking, *monitoring* untuk status real-time dari sensor ultrasonik (kosong atau terisi), serta *parkiraktif* yang menunjukkan slot yang sedang digunakan. ESP32 secara otomatis membaca perubahan data ini dan memperbarui status indikator pilot lamp secara real-time, sehingga sistem dapat memberi informasi visual yang akurat kepada pengguna di lapangan.

3. Hasil Pembahasan

3.1 Pengujian Sistem Deteksi Plat Nomor

Pada pengujian ini dilakukan pengujian kamera untuk sistem deteksi plat nomor untuk mengetahui keakuratan pembacaan plat kendaraan. Pengujian dilakukan dengan membandingkan *input* plat nomor asli dengan hasil

pembacaan yang dihasilkan oleh sistem kamera. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dimana setiap data menunjukkan bahwa hasil pembacaan kamera sesuai dengan *input* plat nomor yang sebenarnya.

Tabel 1. Hasil pengujian deteksi plat nomor

No	Input Plat Nomor	Kondisi Cahaya	Deteksi YOLOv8	Hasil EasyOCR	Keterangan
1.	B 1234 WLG	Terang (Pagi)	Terdeteksi	B 1234 WLG	Plat Terbaca Jelas
2.	N 4560 R	Terang (Pagi)	Terdeteksi	N 4560 R	Plat Terbaca Jelas
3.	B 3456 XXX	Terang (Pagi)	Terdeteksi	B 3456 XXX	Plat Terbaca Jelas
4.	B 1234 WLG	Terik (Siang)	Terdeteksi	B 1234 WLG	Plat Terbaca Jelas
5.	N 4560 R	Terik (Siang)	Terdeteksi	N 4560 R	Plat Terbaca Jelas
6.	B 3456 XXX	Terik (Siang)	Terdeteksi	B 3456 XXX	Plat Terbaca Jelas
7.	B 1234 WLG	Redup (Sore)	Terdeteksi	B 1234 WLG	Plat Terbaca Jelas
8.	N 4560 R	Redup (Sore)	Terdeteksi	N 4560 R	Plat Terbaca Jelas
9.	B 3456 XXX	Redup (Sore)	Terdeteksi	B 3456 XXX	Plat Terbaca Jelas
10.	B 1234 WLG	Gelap (Malam)	Terdeteksi	B 1234 WLG	Masih terbaca dikarenakan masih ada cahaya (ruang terbuka)
11.	N 4560 R	Gelap (Malam)	Terdeteksi	N 4560 R	Masih terbaca dikarenakan masih ada cahaya (ruang terbuka)
12.	B 3456 XXX	Gelap (Malam)	Terdeteksi	B 3456 XXX	Masih terbaca dikarenakan masih ada cahaya (ruang terbuka)
13.	B 1234 WLG	Vakum Cahaya	Tidak Terdeteksi	Tidak ada Karakter	Tidak terbaca dikarenakan vakum cahaya (ruang tertutup)
14.	N 4560 R	Vakum Cahaya	Tidak Terdeteksi	Tidak ada Karakter	Tidak terbaca dikarenakan vakum cahaya (ruang tertutup)
15.	B 3456 XXX	Vakum Cahaya	Tidak Terdeteksi	Tidak ada Karakter	Tidak terbaca dikarenakan vakum cahaya (ruang tertutup)

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian sistem deteksi plat nomor menggunakan YOLOv8 dan EasyOCR pada 3 plat nomor, yaitu B 1234 WLG, N 4560 R, B 3456 XXX dan 5 kondisi cahaya yaitu terang (pagi), terik (siang), redup (sore), gelap (malam) dan vakum cahaya. Pada kondisi terang (pagi) dan terik (siang), seluruh plat nomor berhasil terdeteksi dengan benar oleh YOLOv8, dan seluruh karakter plat nomor berhasil dikenali secara akurat oleh EasyOCR. Hal ini menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja optimal pada pencahayaan alami yang terang. Selanjutnya, pada kondisi redup (sore), performa sistem tetap konsisten. Semua input plat nomor tetap terdeteksi oleh YOLOv8, dan hasil pembacaan oleh EasyOCR juga sesuai dengan input aslinya. Ini mengindikasikan bahwa sistem masih cukup tangguh meskipun intensitas cahaya mulai menurun. Pada kondisi gelap (malam), dengan asumsi adanya pencahayaan tambahan dari ruang terbuka (seperti lampu jalan), sistem tetap mampu mendeteksi dan membaca plat nomor dengan

akurat. YOLOv8 berhasil mendeteksi seluruh plat yang diuji, dan *EasyOCR* mampu membaca karakternya dengan cukup baik. Ini membuktikan bahwa sistem dapat berfungsi di malam hari selama masih ada pencahayaan minimum yang mencukupi.

Namun, tantangan terjadi pada kondisi vakum cahaya (gelap total tanpa pencahayaan tambahan), seperti pada ruang tertutup tanpa sumber cahaya. Pada kondisi ini, YOLOv8 gagal mendeteksi objek plat nomor, dan *EasyOCR* tidak dapat membaca karakter apapun. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sangat bergantung pada ketersediaan pencahayaan untuk mendeteksi dan mengenali plat nomor dengan benar. Berdasarkan hasil pengujian sistem deteksi plat nomor menggunakan YOLOv8 dan *EasyOCR*, dapat disimpulkan bahwa keberhasilan deteksi sangat dipengaruhi oleh kondisi pencahayaan di sekitar kendaraan. Pada kondisi dengan pencahayaan — yaitu terang di pagi hari, terik di siang hari, redup di sore hari, serta malam hari dengan cahaya alami (seperti lampu jalan atau cahaya dari ruang terbuka) — sistem menunjukkan performa yang sangat baik. Dari total 12 kali pengujian dalam kondisi tersebut, YOLOv8 berhasil mendeteksi objek plat nomor dan *EasyOCR* berhasil membaca karakter plat nomor secara akurat pada 100% kasus. Hal ini menandakan bahwa sistem mampu bekerja optimal selama tersedia pencahayaan yang memadai.

Sebaliknya, pada kondisi tanpa pencahayaan, khususnya dalam kondisi vakum cahaya seperti ruang tertutup tanpa penerangan, performa sistem menurun drastis. Dari 3 kali pengujian dalam kondisi ini, tidak ada satu pun plat nomor yang berhasil dideteksi oleh YOLOv8 maupun dibaca oleh *EasyOCR*. Ini menunjukkan bahwa dalam kondisi gelap total, tingkat keberhasilan sistem turun hingga 0%, karena tidak adanya cahaya yang cukup untuk menangkap visual plat nomor.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi plat nomor ini memiliki tingkat keberhasilan 100% dalam kondisi terang atau dengan pencahayaan, dan 0% dalam kondisi tanpa cahaya. Oleh karena itu untuk mengoptimalkan akurasi deteksi dan pembacaan, terutama dalam kondisi minim cahaya, disarankan penambahan pencahayaan buatan seperti lampu LED pada area kamera.

3.2 Pengujian HC-SR04 Untuk Deteksi Slot Parkir

Pada bagian ini dilakukan pengujian keakuratan sensor HC-SR04 dalam membaca jarak kendaraan dan mengirimkan data slot parkir ke Firebase, baik ketika kondisi slot kosong maupun saat kendaraan terparkir. Hasil pengujian keakuratan sensor HC-SR04 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil pengujian keakuratan sensor HC-SR04

No	Slot parkir	Kondisi Awal	Jarak Terbaca (cm)	Status Firebase	Kondisi Akhir	Respon Waktu (detik)	Keterangan
1.	A1	Kosong	11	A1 Terdata	Terisi	2	Mobil terdeteksi
2.	A1	Terisi	14	A1 Terhapus	Kosong	2	Mobil Pergi
3.	A1, A2	Kosong	11	A1, A2 Terdata	Terisi	3	Mobil terdeteksi bersamaan
4.	A1, A2, A3	Kosong	11	A1, A2, A3 Terdata	Terisi	3.5	Mobil terdeteksi secara bersamaan
5.	A1, A2	Terisi	14	A1, A2 Terhapus	Kosong	2.5	Mobil pergi secara bersamaan
6.	A1, A2, A3	Terisi	14	A1, A2 Terhapus	Kosong	3.5	Mobil pergi secara bersamaan
7.	A2	Kosong	11	A2 Terdata	Terisi	2	Mobil terdeteksi
8.	A2	Terisi	14	A2 Terhapus	Kosong	2	Mobil Pergi
9.	A3	Kosong	11	A3 Terdata	Terisi	2	Mobil terdeteksi
10.	A3	Terisi	14	A3 Terhapus	Kosong	2	Mobil Pergi
11.	A1, A3	Kosong	11	A1, A3 Terdata	Terisi	3	Mobil terdeteksi bersamaan
12.	A2, A3	Kosong	11	A2, A3 Terdata	Terisi	3	Mobil terdeteksi bersamaan
13.	A1, A3	Terisi	14	A1, A3 Terhapus	Kosong	2.5	Mobil pergi secara bersamaan
14.	A2, A3	Terisi	14	A2, A3 Terhapus	Kosong	2.5	Mobil pergi secara bersamaan

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian sistem monitoring lahan parkir menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan dengan fokus pada jarak yang terbaca, perubahan status Firebase, serta respon waktu sistem dalam memperbarui kondisi slot parkir. Dari total 14 skenario pengujian yang dilakukan, semua pengujian berhasil mendeteksi kondisi kendaraan secara akurat dengan respon waktu rata-rata 2,6 detik, menunjukkan sistem dapat bekerja secara real-time dengan performa stabil. Dalam pengujian slot individual (A1, A2, dan A3 secara terpisah), saat jarak mobil yang terdeteksi berada di dengan jarak 11 cm, status slot secara otomatis diperbarui menjadi "terisi" di Firebase. Ketika kendaraan keluar dan jarak meningkat menjadi 14 cm, status di Firebase berubah menjadi "kosong". Respon waktu pada pengujian individu rata-rata adalah 2 detik, menunjukkan bahwa untuk kendaraan masuk atau keluar secara tunggal, sistem dapat mengupdate status dengan cepat. Sementara itu, pada pengujian dengan beberapa slot secara bersamaan (seperti A1 dan A2 atau A1, A2, dan A3), semua slot dapat terdeteksi atau dikosongkan secara bersamaan dengan respon waktu rata-rata 3,1 detik. Ini menunjukkan sistem mampu menangani pembaruan paralel di beberapa slot tanpa terjadi konflik data atau delay yang signifikan. Deteksi serempak tetap berlangsung sinkron, dan Firebase memperbarui seluruh status slot secara konsisten. Secara keseluruhan, dari 14 skenario pengujian, 100% dari kasus berhasil mendeteksi kondisi kendaraan dan memperbarui status Firebase dengan benar. Tidak ditemukan kesalahan

pembacaan sensor ataupun keterlambatan berlebih dalam pembaruan status. Hal ini membuktikan bahwa sistem monitoring parkir dengan sensor HC-SR04 ini sangat andal baik dalam mendeteksi kendaraan maupun dalam menampilkan status slot parkir secara real-time.

3.3 Pengujian Sistem Indikator LED Slot Parkir

Pada bagian ini dilakukan pengujian untuk mengevaluasi apakah indikator LED dapat menyala atau mati secara otomatis berdasarkan data yang diterima, serta memastikan bahwa integrasi antara Firebase dan modul relay berjalan stabil dan responsif. Hasil pengujian sistem indikator led ditunjukkan pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian sistem indikator led

No	Slot Parkir	Keberadaan di Koleksi Firebase	Status Relay	Status LED	Respon Waktu (detik)	Keterangan
1	A1	Ada di booking	LOW	ON	1.4	Slot dibooking
2	A2	Ada di parkiraktif	LOW	ON	1.3	Mobil sedang parkir
3	A3	Ada di monitoring	LOW	ON	1.5	Mobil terdeteksi sensor
4	A1	Tidak ada di semua koleksi	HIGH	OFF	1.2	Slot kosong
5	A2	Ada di booking dan monitoring	LOW	ON	1.6	Telah dibooking dan terdeteksi
6	A3	Ada di parkiraktif dan monitoring	LOW	ON	1.3	Slot aktif dan sensor mendeteksi
7	A1	Ada di monitoring	LOW	ON	1.4	Terdeteksi sensor
8	A2	Tidak ada di semua koleksi	HIGH	OFF	1.3	Slot benar-benar kosong
9	A3	Ada di booking dan parkiraktif	LOW	ON	1.5	Telah dibooking dan digunakan
10	A1, A2	Ada di booking	LOW	ON	1.6	Kedua slot dibooking
11	A2, A3	Ada di parkiraktif	LOW	ON	1.3	Kedua slot digunakan
12	A1, A3	Ada di monitoring	LOW	ON	1.4	Keduanya terdeteksi oleh sensor
13	A2	Ada di booking	LOW	ON	1.3	Belum masuk, tapi disiapkan
14	A3	Tidak ada di semua koleksi	HIGH	OFF	1.2	Slot benar-benar kosong
15	A1	Ada di parkiraktif	LOW	ON	1.4	Mobil sedang terparkir
16	A2	Tidak ada di semua koleksi	HIGH	OFF	1.2	Slot kosong
17	A3	Ada di semua koleksi	LOW	ON	1.6	Validasi lengkap
18	A1	Ada di monitoring dan booking	LOW	ON	1.4	Terdata oleh sensor dan dibooking
19	A2, A3	Tidak ada di semua koleksi	HIGH	OFF	1.3	Kedua slot kosong
20	A1, A2, A3	Ada di booking, parkiraktif, monitoring	LOW	ON	1.7	Semua slot terisi dan aktif

Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian indikator LED, dilakukan sebanyak 20 pengujian terhadap status indikator LED pada slot parkir A1, A2, dan A3, dengan mempertimbangkan keberadaan data pada koleksi Firebase seperti booking, parkiraktif, dan monitoring. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa relay dan indikator LED merespon secara akurat terhadap kondisi yang terekam di Firebase. Dalam sistem ini, relay berstatus LOW berarti LED menyala (ON), menunjukkan slot sedang digunakan atau dipesan, sedangkan relay berstatus HIGH berarti LED mati (OFF), menandakan slot kosong dan siap digunakan. Dari total 20 pengujian 16 kasus (80%) menunjukkan bahwa relay dalam kondisi LOW dan LED menyala (ON), yang berarti sistem mendeteksi slot parkir sedang digunakan, telah dibooking, atau terdeteksi oleh sensor. 4 kasus (20%) menunjukkan bahwa relay dalam kondisi HIGH dan LED mati (OFF), sesuai dengan kondisi slot parkir yang tidak tercatat di Firebase, sehingga dianggap kosong. Rata-rata waktu respon dari sistem terhadap perubahan status koleksi Firebase hingga perubahan status relay dan LED adalah sekitar 1,4 detik. Ini menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja responsif dan dapat mendeteksi serta menampilkan status slot parkir secara real-time dengan cukup cepat. Secara keseluruhan, pengujian ini membuktikan bahwa integrasi antara Firebase dan sistem LED indikator melalui relay bekerja dengan akurasi tinggi (100%) dalam merepresentasikan status aktual lahan parkir. Sistem ini sangat mendukung kebutuhan monitoring visual secara langsung pada area parkir melalui indikator lampu LED.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem deteksi dan verifikasi plat nomor pada gerbang masuk menggunakan kombinasi kamera, YOLOv8, dan EasyOCR menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam kondisi terang maupun pencahayaan minim. Namun, sistem tidak mampu mendeteksi plat nomor dalam kondisi tanpa cahaya sama sekali (gelap total), menghasilkan tingkat keberhasilan 0% pada skenario tersebut. Pengujian terhadap sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi ketersediaan slot parkir menunjukkan akurasi 100% dari 14 skenario pengujian, dengan waktu respons rata-rata sebesar 2,6 detik. Seluruh kasus berhasil mendeteksi keberadaan kendaraan dan memperbarui status ke Firebase secara akurat dan tanpa kesalahan. Selain itu, integrasi antara Firebase dan sistem indikator LED melalui relay juga menunjukkan kinerja yang sangat baik, dengan akurasi 100% dalam merepresentasikan kondisi slot parkir secara real-time dan waktu respons rata-rata sebesar 1,4 detik.

Kombinasi teknologi yang digunakan—yaitu YOLOv8, EasyOCR, ESP32, Firebase, dan sensor ultrasonik—berhasil

saling terintegrasi dan menjalankan fungsinya sesuai rancangan. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan dalam kondisi pencahayaan ekstrem (gelap total), yang menunjukkan perlunya pengembangan lebih lanjut, seperti penambahan lampu inframerah atau teknologi night vision pada kamera. Selain itu, pengembangan sistem monitoring dan kontrol dapat diperluas ke skala lebih besar dengan jumlah slot parkir yang lebih banyak.

5. Referensi

- [1] Paidi, J. Håkansson, H. Fleyeh, And R. G. Nyberg, "Co2 Emissions Induced By Vehicles Cruising For Empty Parking Spaces In An Open Parking Lot," *Sustain.*, Vol. 14, No. 7, 2022, Doi: 10.3390/Su14073742.
- [2] L. F. Luque-Vega, D. A. Michel-Torres, E. Lopez-Neri, M. A. Carlos-Mancilla, And L. E. González-Jiménez, "Iot Smart Parking System Based On The Visual-Aided Smart Vehicle Presence Sensor: Spin-V," *Sensors (Switzerland)*, Vol. 20, No. 5, Pp. 1–21, 2020, Doi: 10.3390/S20051476.
- [3] 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/S20174669.
- [4] C. B. Asaju, P. A. Owolawi, C. Tu, And E. Van Wyk, "Cloud-Based License Plate Recognition: A Comparative Approach Using You Only Look Once Versions 5, 7, 8, And 9 Object Detection," *Inf.*, Vol. 16, No. 1, 2025, Doi: 10.3390/Info16010057.
- [5] A. Sarhan Et Al., "Egyptian Car Plate Recognition Based On YOLOv8, Easy-Ocr, And Cnn," *J. Electr. Syst. Inf. Technol.*, Vol. 11, No. 1, 2024, Doi: 10.1186/S43067-024-00156-Y.
- [6] Reska Apriliyan, Jafar Octo Fernas, And Sularso Budilaksono, "Membangun Aplikasi Pelaporan Dan Monitoring Kegiatan Mahasiswa Berbasis Web(Studi Kasus Pada Upi Y.A.I)," *Kra-Ith Teknol.*, Vol. 3, No. 2, Pp. 27–35, 2019.
- [7] H. Singhvi, "The Internet Of Things In 2025 : Trends , Business Models , And Future," No. May, 2025.
- [8] T. M. Al-Hasan, V. Bonnefille, and F. Bensaali, "Enhanced YOLOv8-Based System for Automatic Number Plate Recognition," *Technologies*, vol. 12, no. 9, pp. 1–26, 2024, doi: 10.3390/technologies12090164.
- [9] G. Ortiz, "Building an ALPR system To be used for access control software," no. December, 2021.
- [10] A. Burkpalli, Vishwanath; Joshi, Abhishek; Warad, Abhishek B; Patil, "Automatic Number Plate Recognition Using Tensorflow And Easyocr," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 04, No. 09, Pp. 493–501, 2022,[Online].Available: Www.Irjmets.Com.
- [11] A. O. C, W. Messoudi, A. Bushnag, S. Abuzneid, and T. Alhmiedat, "A Smart Real-Time Parking Control and Monitoring System," *Sensors*, vol. 23, no. 24, 2023, doi: 10.3390/s23249741.
- [12] U. K. Usman, H. Mao, P. Koban, M. S. Abraar, O. Sativa, and S. Astuti, *Smart Parking System Based on IoT Integrated with Android Application*, no. Aaseic 2024. Atlantis Press International BV, 2025. doi: 10.2991/978-94-6463-668-0.
- [13] R. Sari, H. Herlawati, F. N. Khasanah, and P. D. Atika, "Prototype Sensor Parking Otomatis Pada Area Blind-Spot Kendaraan Menggunakan Mikrokontroler," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 76–84, 2022, doi: 10.47065/josh.v3i2.1245.
- [14] H. M. Saleh Muhamad, "1601-3583-1-Pb," vol. 8, no. 2, pp. 87–94, 2017.
- [15] L. Hou, S. Wu, G. K. Zhang, Y. Tan, and X. Wang, "Literature review of digital twins applications in constructionworkforce safety," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–21, 2021, doi: 10.3390/app11010339.