BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di kota-kota besar di Indonesia, peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya membawa dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan, khususnya dalam hal manajemen lalu lintas dan penyediaan lahan parkir. Tidak jarang masyarakat mengalami kesulitan dalam menemukan tempat parkir yang kosong, terutama di area padat seperti pusat perbelanjaan, perkantoran, atau stadion. Selain itu, masih banyak pengguna kendaraan yang mengalami kesulitan dalam mengingat lokasi parkir kendaraannya, terutama di fasilitas parkir berskala besar. Di sisi lain, permasalahan serius seperti pencurian kendaraan, pelanggaran kecepatan, serta keberadaan kendaraan tanpa registrasi resmi juga semakin marak terjadi. Berbagai persoalan ini menunjukkan perlunya solusi berbasis teknologi yang lebih andal dan efisien. Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar untuk menjawab tantangan tersebut adalah sistem pengenalan pelat nomor kendaraan, yang memungkinkan otomatisasi dalam kontrol akses, pengawasan kendaraan, serta pelacakan identitas secara *real-time* (Abdellatif et al., 2023).

Salah satu kemajuan teknologi dalam bidang transportasi yang telah muncul adalah sistem pelayanan parkir (Widodo & Wati, 2023). Dari dampak yang telah dijabarkan, sistem *Smart Parking* menjadi alternatif untuk mengatasi masalah yang ada (Yusuf et al., 2024). *Smart Parking System* merupakan sistem parkir pintar yang dirancang untuk memudahkan penggunanya untuk mencari lahan parkir kendaraan pada area parkir tertentu secara *real-time* yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang mana akan menghubungkan beberapa macam sensor dengan pengguna (Syahnas dkk., 2023). Seiring berkembangnya IoT, teknologi ini semakin berperan dalam menjawab tantangan manajemen parkir di perkotaan.

Teknologi pengenalan pelat nomor merupakan komponen penting dalam otomatisasi sistem kontrol akses, pengawasan, dan manajemen lalu lintas. Dalam sistem ini, ESP32-CAM berperan sebagai perangkat utama untuk menangkap citra

pelat nomor secara *real-time*. Modul ini menawarkan solusi yang efisien dan hemat biaya dalam mengembangkan sistem identifikasi kendaraan secara otomatis, khususnya pada lingkungan dengan keterbatasan infrastruktur jaringan (Prado et al., 2025).

Menurut (Pradhan et al., 2025), teknologi pengenalan kendaraan adalah tulang punggung sistem parkir cerdas. *Automatic License Plate Recognition (ALPR)* adalah komponen penting dari sistem parkir cerdas. Penerapan teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan keamanan dan akurasi dalam pencatatan kendaraan yang keluar maupun masuk pada area parkir.

Teknologi menjadi sarana penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktivitas di berbagai bidang, termasuk dalam pengelolaan parkir. Penggunaan teknologi otomatisasi dianggap sebagai solusi yang mampu mempercepat proses kerja, meningkatkan keamanan, dan memberikan kemudahan bagi pengguna. Sistem parkir yang memanfaatkan teknologi semakin berkembang seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan di area perkotaan yang menyebabkan kebutuhan akan lahan parkir semakin tinggi. Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan pengembangan sistem parkir pintar yang mampu mendeteksi ketersediaan slot parkir secara otomatis, mencatat kendaraan yang masuk dan keluar, serta mempercepat proses parkir. Sistem ini memanfaatkan teknologi *Automatic Number Plate Recognition (ANPR)* yang digunakan untuk membaca plat nomor kendaraan secara otomatis.

Penelitian sebelumnya yang menjadi acuan dalam pengembangan sistem ini adalah karya (Abdellatif et al., 2023) berjudul "*A Low Cost IoT-based Arabic License Plate Recognition Model for Smart Parking System*". Penelitian ini berfokus pada penggunaan Raspberry-Pi sebagai pemroses utama dalam membaca plat nomor kendaraan dan mengirimkannya ke database secara otomatis. Penelitian ini secara eksplisit hanya berfokus pada teknologi ANPR dengan penggunaan perangkat IoT rendah seperti ESP32-CAM, serta menggunakan algoritma OCR yang tidak memerlukan daya pemrosesan tinggi.

Penelitian lain yang menjadi referensi adalah karya (Prado et al., 2025) yang berjudul “*Design of a Communication System for Images for Identification of Vehicle Plates*”. Penelitian ini merancang sistem identifikasi kendaraan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama dan ESP32-CAM untuk menangkap gambar pelat nomor secara *real-time*. Data hasil pembacaan pelat nomor dikirimkan melalui komunikasi serial (UART2) ke ESP32 penerima, kemudian ditampilkan pada LCD 16x2 serta disimpan di platform ThingSpeak untuk pemantauan jarak jauh. Meskipun sistem ini menggabungkan teknologi LoRa untuk transmisi data, acuan utama dalam penelitian ini adalah pada penggunaan ESP32-CAM untuk proses identifikasi pelat nomor dan integrasinya dengan mikrokontroler sebagai pengendali sistem.

Berdasarkan kedua penelitian tersebut, penulis berinisiatif untuk mengembangkan “Rancang Bangun Sistem Parkir Pintar Dengan Mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM” yang menggabungkan fitur-fitur dari kedua penelitian sebelumnya. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan berbagai komponen seperti servo, DFPlayer, *buzzer*, dan sensor *infrared*. Teknologi ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat untuk menangkap gambar pelat nomor kendaraan. Gambar hasil tangkapan tersebut kemudian dikirimkan dan disimpan secara otomatis di Google Drive, sebelum diproses menggunakan program Python dengan algoritma OCR untuk membaca isi pelat nomor. Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan penyimpanan data pada Firebase serta tampilan antarmuka berbasis *web* lokal untuk operator, yang berfungsi sebagai metode pengawasan tambahan. Dengan demikian, sistem ini mampu menghadirkan solusi parkir yang terstruktur, aman, dan modern.

1.2 Fokus Penelitian

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan prototipe sistem parkir pintar berbasis Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM yang mengintegrasikan teknologi ANPR dan IoT untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan parkir. Tujuan utama

penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem yang mampu mendeteksi kendaraan secara otomatis, mempercepat proses masuk dan keluar kendaraan, serta mempermudah pengelolaan data parkir. Sistem ini terdiri dari ESP32-CAM sebagai perangkat pengambilan gambar kendaraan, sensor infrared sebagai deteksi kendaraan, servo sebagai penggerak pintu gerbang, dan DF Player sebagai notifikasi suara. Gambar hasil kamera yang diambil dikirim ke *Google Drive*, kemudian diproses menggunakan *Python* untuk membaca plat nomor kendaraan. Data hasil pembacaan tersebut diatur dan dikirimkan ke *Firebase* guna meningkatkan keamanan dan kemudahan pengelolaan data parkir. Sistem ini juga dilengkapi dengan tampilan untuk operator guna memantau dan mengelola parkir secara *real-time*.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, batasan masalah difokuskan pada perancangan dan pengembangan rancang bangun sistem parkir pintar dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM yang terintegrasi dengan berbagai teknologi pendukung. Adapun batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut.

1. Sistem hanya digunakan untuk simulasi prototipe parkir berskala kecil.
2. Identifikasi kendaraan menggunakan teknologi ANPR berbasis ESP32-CAM dengan metode *EasyOCR* berbasis Python untuk konversi gambar plat nomor menjadi teks.
3. Proses identifikasi hanya dilakukan pada plat nomor bagian depan kendaraan.
4. Pengiriman data plat nomor dan informasi kendaraan dilakukan menggunakan *Firebase* untuk penyimpanan dan pengolahan data secara *real-time*.
5. Notifikasi suara disediakan menggunakan DF Player dengan file audio yang tersimpan dalam SD card.
6. Sistem menggunakan sensor infrared FC-51 untuk mendeteksi kendaraan pada pintu masuk dan keluar.

7. Sistem ini menyediakan tampilan untuk operator guna memantau data kendaraan masuk dan keluar secara *real-time* melalui antarmuka web sederhana.
8. Sistem ini tidak membahas metode pembayaran elektronik berbasis e-money dan tidak menyediakan fitur untuk menampilkan ketersediaan slot parkir di display bagi pengguna. Sistem ini juga tidak menggunakan RFID untuk akses masuk kendaraan.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem parkir pintar berbasis Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM yang mampu mendeteksi kendaraan secara otomatis menggunakan teknologi ANPR?
2. Bagaimana mengintegrasikan sistem identifikasi kendaraan berbasis ANPR dengan *firebase* untuk pencatatan data secara *real-time*?
3. Bagaimana merancang mekanisme pengambilan gambar kendaraan yang dikirimkan ke Google Drive untuk dokumentasi dan keperluan analisis lebih lanjut?
4. Bagaimana merancang penggunaan *Python* OCR untuk membaca plat nomor kendaraan yang diambil dari gambar hasil tangkapan ESP32-CAM?
5. Bagaimana merancang antarmuka tampilan bagi operator untuk memantau kendaraan yang masuk dan keluar secara *real-time*?
6. Bagaimana mengevaluasi performa sistem dalam mendeteksi kendaraan, membaca plat nomor, dan mengelola data kendaraan secara *real-time* melalui *firebase*?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membangun sistem parkir pintar berbasis Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM yang mampu mendeteksi kendaraan secara otomatis menggunakan teknologi ANPR.
2. Mengintegrasikan sistem identifikasi plat nomor kendaraan berbasis *Python* OCR dengan pengiriman gambar ke Google Drive serta pencatatan data kendaraan secara *real-time* di *Firestore*.
3. Mengembangkan antarmuka bagi operator untuk memantau kendaraan masuk dan keluar secara *real-time*, sehingga mendukung pengelolaan parkir yang lebih efisien dan aman.

1.6 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian dari rancang bangun sistem parkir pintar dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan ESP32-CAM adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan sistem parkir pintar berbasis IoT dan ANPR yang terintegrasi dengan *Firestore* dan Google Drive, serta memperkaya literatur di bidang teknologi otomasi.
2. Sistem yang dirancang dapat meningkatkan efisiensi parkir melalui deteksi kendaraan otomatis dan pencatatan data kendaraan secara *real-time*.
3. Penerapan sistem ini diharapkan membantu operator parkir dalam memantau kendaraan secara *real-time*, sehingga mendukung pengelolaan parkir yang lebih aman, cepat, dan efisien.