

Pengembangan Sistem Keamanan Portal Otomatis Cerdas melalui Identifikasi Pelat Nomor Kendaraan Berbasis OCR di Satrad 232

Alif Riskiyadi Hafid^{1,*}, Yohannes Dewanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Dirgantara Dan Industri Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 30 Desember 2024
Direvisi: 24 Januari 2025
Diterima: 27 Februari 2025

Kata kunci:

parkir otomatis
RFID
Mikrokontroler
Keamanan parkir
Smart Campus.

ABSTRAK

Sistem parkir sepeda motor di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma masih sepenuhnya manual tanpa kontrol akses, pencatatan kendaraan, maupun sistem keamanan terintegrasi. Kondisi ini menimbulkan antrean pada jam sibuk, tingginya risiko kehilangan kendaraan, serta rendahnya efisiensi pengelolaan. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji prototipe sistem portal parkir otomatis berbasis microcontroller Arduino yang dilengkapi teknologi RFID untuk identifikasi kendaraan dan sensor ultrasonik/Vehicle Loop Detector (VLD) untuk deteksi keberadaan kendaraan. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan proses pengumpulan data melalui observasi lapangan, pengukuran teknis, serta pengujian fungsional dan performa sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil membaca kartu RFID valid dengan waktu respons <1 detik, mendeteksi kendaraan melalui VLD dalam waktu <0,5 detik, serta membuka palang otomatis rata-rata dalam 2,30 detik sesuai spesifikasi. Fitur keselamatan auto-reverse juga bekerja responsif dengan waktu reaksi <1 detik saat mendeteksi penghalang. Seluruh skenario pengujian fungsional menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam mendeteksi kendaraan, memvalidasi akses, dan mengoperasikan palang secara otomatis. Penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi RFID dan sensor ultrasonik pada sistem parkir berskala kampus mampu meningkatkan keamanan, mempercepat proses akses, dan menyediakan dasar pencatatan kendaraan secara real-time. Prototipe yang dihasilkan dapat dijadikan model implementasi sistem parkir cerdas yang lebih efisien dan aman di lingkungan perguruan tinggi.

Keywords:

Automatic Parking,
RFID
Microcontroller
Parking Security
Smart Campus.

The motorcycle parking system at Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma still operates manually without access control, vehicle recording, or integrated security mechanisms. This condition leads to congestion during peak hours, a high risk of vehicle theft, and low management efficiency. This study aims to design and evaluate a prototype of an automated parking gate system utilizing an Arduino-based microcontroller, RFID technology for vehicle identification, and ultrasonic/Vehicle Loop Detector (VLD) sensors for vehicle presence detection. A Research and Development (R&D) method was employed, involving field observation, technical measurements, and functional as well as performance testing of the system. The experimental results show that the system successfully validates registered RFID cards with a response time of less than 1 second, detects vehicles through the VLD sensor in less than 0.5 seconds, and opens the automatic barrier gate with an average speed of 2.30 seconds, meeting the device specifications. The safety auto-reverse feature also operated effectively with a reaction time of less than 1 second upon detecting obstacles during gate movement. All functional test scenarios achieved a 100% success rate in vehicle detection, access validation, and automated gate operation. This study demonstrates that integrating RFID and ultrasonic-based detection into a campus-scale parking system significantly enhances security, accelerates access processes, and provides a foundation for real-time vehicle data recording. The developed prototype can serve as a reference model for implementing a more efficient and secure smart-campus parking system.

Penulis Korespondensi:

Alif Riskiyadi Hafid
Email:
211023002@students.unsurya.ac.id

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved



I. PENDAHULUAN

Sistem parkir merupakan komponen penting dalam pengelolaan mobilitas di kawasan pendidikan tinggi, terutama pada lingkungan kampus dengan volume kendaraan tinggi. Di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, peningkatan jumlah sepeda motor setiap tahun belum diimbangi dengan sistem parkir yang memadai. Sistem yang masih bersifat manual menimbulkan berbagai permasalahan, seperti antrean pada jam sibuk, ruang parkir yang sulit dimonitor, serta tingginya risiko kehilangan kendaraan. Kondisi ini turut menyebabkan penumpukan lalu lintas dan peningkatan emisi gas buang akibat kendaraan yang mencari ruang parkir kosong [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut, perkembangan teknologi sensor dan otomatisasi menawarkan solusi yang lebih efektif.

Sensor ultrasonik telah digunakan secara luas dalam sistem parkir cerdas karena mampu mendeteksi jarak dan keberadaan kendaraan dengan cepat dan akurat [2]. Teknologi *RFID* (*Radio Frequency Identification*) juga menjadi komponen penting dalam sistem kontrol akses modern karena memungkinkan identifikasi kendaraan secara otomatis tanpa kontak fisik, sehingga meningkatkan kecepatan dan keamanan proses masuk-keluar kendaraan. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kombinasi *RFID* dengan teknologi visual seperti pengolahan citra dapat meningkatkan akurasi pemantauan area parkir dan mempercepat proses akses [3]. Selain itu, sistem informasi berbasis aplikasi mobile yang menyediakan data ketersediaan slot parkir secara real-time terbukti dapat mengurangi waktu pencarian dan meningkatkan kenyamanan pengguna [4].

Meskipun berbagai inovasi tersebut telah diterapkan di banyak fasilitas publik, implementasinya pada lingkungan kampus masih terbatas. Sistem parkir di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma belum mengintegrasikan identifikasi kendaraan, pencatatan otomatis, atau pengawasan elektronik yang memadai sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian tentang pengelolaan parkir di area publik [5]–[7]. Padahal, sebuah sistem parkir yang ideal harus mampu mengintegrasikan kontrol akses, pencatatan data, dan pengawasan keamanan dalam satu kesatuan sistem yang saling mendukung [8]–[12]. Ketiadaan ketiga komponen tersebut mengakibatkan rendahnya efisiensi operasional dan keamanan di lingkungan kampus.

Berbagai penelitian terdahulu menegaskan bahwa penggunaan *RFID* dan sensor ultrasonik dapat secara signifikan meningkatkan keamanan dan efektivitas sistem parkir. Tanjung *et al.* menunjukkan bahwa integrasi kedua teknologi ini dapat mempercepat proses identifikasi kendaraan dan menyediakan data lalu lintas secara real-time [14]. Temuan lain dari Musakar juga membuktikan bahwa mikrokontroler berbasis Arduino mampu menjadi platform yang efektif dan fleksibel untuk membangun sistem parkir otomatis berskala menengah [15]. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa pendekatan teknologi sederhana namun terintegrasi dapat menjadi solusi yang tepat untuk lingkungan kampus.

Berdasarkan kondisi tersebut, penting untuk mengembangkan sistem parkir otomatis yang dapat mengatasi kendala yang selama ini muncul di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Penelitian ini berupaya merancang dan menguji prototipe sistem portal parkir berbasis mikrokontroler Arduino yang memanfaatkan teknologi *RFID* untuk identifikasi kendaraan dan sensor ultrasonik untuk deteksi keberadaan kendaraan. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan keamanan, mempercepat proses akses, dan menyediakan pencatatan kendaraan secara real-time guna mendukung pengelolaan parkir yang lebih efisien.

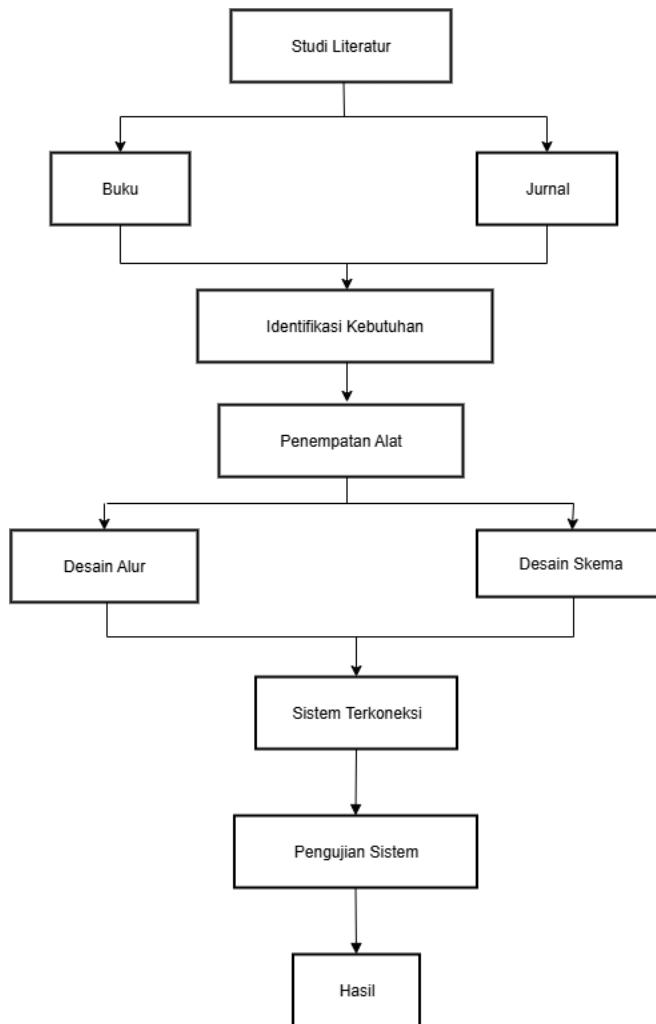
Penelitian ini dibatasi pada pengembangan prototipe yang berfokus pada integrasi teknologi *RFID*, sensor ultrasonik, dan palang otomatis tanpa pengembangan aplikasi mobile maupun integrasi database skala besar. Pengujian dilakukan pada lingkungan yang disimulasikan dan belum diterapkan pada instalasi permanen di kampus. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk pengembangan sistem parkir cerdas yang lebih komprehensif di masa mendatang.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) karena fokus utamanya adalah merancang, membangun, dan menguji suatu prototipe sistem portal parkir otomatis yang dapat diimplementasikan pada lingkungan kampus Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma. Metode R&D dipilih karena memberikan kerangka kerja yang sistematis dalam menghasilkan produk teknologi

yang aplikatif dan memungkinkan dilakukan evaluasi performa secara langsung. Proses penelitian dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak, pengujian fungsional, serta evaluasi performa sistem di lingkungan simulasi yang menyerupai kondisi nyata.

Tahap pertama adalah analisis kebutuhan, yang dilakukan secara langsung di area parkir kampus untuk mengidentifikasi masalah utama yang terjadi pada sistem parkir manual. Observasi dilakukan untuk mengukur kapasitas parkir, alur keluar-masuk kendaraan, waktu antrean, dan titik-titik kritis yang membutuhkan perhatian teknis. Informasi tambahan diperoleh melalui wawancara dengan petugas parkir mengenai kendala operasional dan kebutuhan sistem akses otomatis. Data ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan jenis sensor, metode identifikasi kendaraan, serta mekanisme kontrol palang yang paling sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

Tahap berikutnya adalah perancangan sistem, yang mencakup penyusunan diagram blok, perancangan rangkaian elektronik, alur logika program, dan mekanisme kerja palang otomatis. Pada bagian ini, penelitian mengacu pada komponen utama yang digunakan, yaitu mikrokontroler Arduino, RFID reader untuk identifikasi kendaraan, sensor ultrasonik atau Vehicle Loop Detector (VLD) untuk deteksi keberadaan sepeda motor, dan aktuator palang otomatis (E10). Gambar 1 yang sudah ada dalam jurnal menggambarkan alur sistematis pelaksanaan penelitian mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan prototipe, pengujian, hingga evaluasi hasil. Flowchart tersebut berfungsi sebagai panduan proses agar setiap tahap dilakukan secara terstruktur dan sesuai urutan metodologis standar R&D. Namun, flowchart pada jurnal sebelumnya hanya menggambarkan tahapan penelitian secara umum, sehingga penelitian ini melengkapinya dengan alur teknis sistem seperti urutan

pembacaan RFID, proses deteksi kendaraan, validasi akses, serta logika pembukaan dan penutupan palang otomatis.

Pada tahap perancangan perangkat keras, setiap komponen dipilih berdasarkan fungsionalitas dan kompatibilitasnya. RFID reader digunakan untuk membaca kartu yang telah didaftarkan, sensor VLD digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang berada pada titik akses, dan mikrokontroler Arduino berperan sebagai pusat kendali untuk mengolah input dari sensor kemudian memberikan perintah kepada aktuator palang. Perancangan rangkaian dilakukan dengan memperhatikan kestabilan catu daya, jarak pembacaan sensor, dan kebutuhan arus untuk menggerakkan aktuator palang agar sistem dapat bekerja secara optimal.

Tahap perancangan perangkat lunak melibatkan penyusunan program berbasis Arduino IDE yang mengimplementasikan logika kendali sistem. Alur kerja program disusun menggunakan pengondisian logis (*if-else* dan *AND logic*) untuk memverifikasi bahwa palang hanya akan terbuka apabila dua kondisi terpenuhi sekaligus, yaitu kendaraan terdeteksi oleh sensor dan kartu RFID yang digunakan adalah kartu valid. Program juga mencakup fitur keselamatan berupa *auto-reverse*, yaitu logika yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek saat palang sedang turun sehingga palang dapat kembali naik untuk mencegah benturan.

Setelah sistem selesai dirancang, penelitian memasuki tahap pengumpulan data teknis. Pengumpulan data mencakup pengujian pembacaan RFID, sensitivitas dan kecepatan deteksi sensor VLD, kecepatan respons palang otomatis, serta pengujian kondisi abnormal seperti penggunaan kartu tidak valid dan keberadaan penghalang saat palang menutup. Data pengujian dicatat secara sistematik, kemudian dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif. Analisis dilakukan dengan menghitung waktu respons rata-rata, tingkat keberhasilan deteksi, serta reliabilitas sistem pada berbagai skenario pengujian.

Tahap terakhir adalah evaluasi performa sistem, yang dilakukan untuk menilai apakah sistem bekerja sesuai desain dan dapat memenuhi kebutuhan pengguna. Pengujian dilakukan pada lingkungan simulasi yang disesuaikan dengan kondisi nyata area parkir kampus. Tabel hasil pengujian yang telah disajikan dalam jurnal digunakan untuk mengevaluasi seluruh aspek teknis, termasuk fungsi identifikasi RFID, akurasi sensor VLD, kecepatan reaksi palang, serta performa fitur keselamatan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai rancangan dengan waktu respons yang cepat dan tingkat keberhasilan mencapai 100% pada skenario pengujian yang dilakukan. Temuan ini menjadi dasar untuk merekomendasikan penerapan sistem pada skala yang lebih luas di lingkungan kampus.

III. HASIL DAN DISKUSI

Hasil pengujian sistem barrier gate otomatis menunjukkan bahwa prototipe mampu bekerja sesuai desain dan merespons berbagai kondisi input secara akurat. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap komponen—mulai dari sensor VLD, RFID reader, hingga aktuator palang otomatis—berfungsi secara terintegrasi dalam mendukung proses kontrol akses kendaraan. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya sinkronisasi antarsensor dalam sistem parkir otomatis untuk mencapai efisiensi dan keamanan yang optimal [2], [14]. Selain itu, pengujian dilakukan pada lingkungan simulasi yang menyerupai kondisi area parkir kampus sehingga hasil evaluasi dapat menggambarkan kinerja sistem jika diterapkan pada kondisi nyata.

Tabel 1 pada jurnal sebelumnya memuat rangkaian skenario pengujian fungsional yang mencakup empat kondisi utama, yaitu deteksi kendaraan oleh sensor VLD, pembacaan kartu RFID valid, penolakan kartu RFID tidak valid, dan pengujian fitur keselamatan *auto-reverse*. Dalam skenario pertama, sistem berhasil membuka palang secara otomatis hanya berdasarkan deteksi kendaraan tanpa memerlukan tap kartu, yang menunjukkan bahwa sensor VLD memiliki sensitivitas yang baik dalam mendeteksi keberadaan kendaraan pada loop area. Hal ini sesuai dengan karakteristik sensor VLD yang banyak digunakan pada sistem parkir modern karena kemampuannya mendeteksi massa logam kendaraan secara konsisten [2]. Pada skenario kedua, pembacaan kartu RFID valid menghasilkan pembukaan palang dengan respons cepat, menunjukkan bahwa integrasi RFID dengan mikrokontroler bekerja dengan stabil, sejalan dengan temuan penelitian terkait penggunaan RFID untuk kontrol akses parkir [3], [14]. Skenario ketiga menunjukkan bahwa kartu RFID tidak valid berhasil ditolak sistem, sehingga palang tetap tertutup dan akses kendaraan tidak diberikan. Hasil ini mengonfirmasi bahwa sistem dapat melakukan penyaringan identitas secara selektif, yang merupakan komponen penting

dalam sistem keamanan berbasis RFID. Skenario terakhir menunjukkan keberhasilan fitur *auto-reverse*, di mana palang langsung naik kembali saat mendeteksi adanya penghalang ketika proses penurunan berlangsung. Fitur keselamatan ini telah menjadi standar pada sistem parkir modern untuk mencegah kecelakaan dan kerusakan kendaraan [14].

Tabel 1 Rangkaian Pengujian

No.	Skenario Uji	Kondisi (Input)	Respon Sistem (Output)	Hasil
1	Kendaraan terdeteksi oleh sensor VLD	Kendaraan melintasi sensor loop detektor (VLD)	Palang otomatis terbuka tanpa tap kartu	Berhasil
2	Tap kartu RFID valid	Pengguna menempelkan kartu RFID terdaftar	Palang otomatis terbuka	Berhasil
3	Tap kartu RFID tidak valid	Pengguna menempelkan kartu RFID tidak terdaftar	Palang tetap tertutup dan sistem menolak akses	Berhasil
4	Obstacle terdeteksi saat palang menutup	Terdapat objek atau kendaraan saat palang turun	Palang otomatis berhenti lalu kembali naik	Berhasil

Selain pengujian fungsional, kinerja sistem juga dianalisis melalui tabel 2 yang berisi hasil pengujian performa. Dari tabel tersebut, waktu buka palang otomatis tercatat sebesar 2,30 detik, sesuai dengan spesifikasi perangkat E10 yang umumnya dirancang untuk penggunaan publik dengan intensitas kendaraan sedang. Waktu respons ini cukup cepat untuk mengurangi antrean masuk kendaraan, sebagaimana direkomendasikan dalam studi terkait optimasi sistem parkir kampus [4], [7]. Waktu deteksi kendaraan oleh sensor VLD tercatat kurang dari 0,5 detik, yang menunjukkan tingkat respons sangat cepat tanpa jeda. Sensor dengan kecepatan deteksi tinggi sangat penting untuk memastikan sistem dapat memproses pergerakan kendaraan secara real-time, sebagaimana dikemukakan dalam penelitian tentang sensor ultrasonik dan loop detector untuk parkir otomatis [2]. Pembacaan kartu RFID juga menunjukkan waktu respons kurang dari 1 detik, sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya bahwa RFID memiliki kecepatan identifikasi yang tinggi dan stabil dalam lingkungan parkir [3], [14]. Fitur *auto-reverse* menunjukkan waktu reaksi kurang dari 1 detik sejak penghalang terdeteksi, menegaskan bahwa sistem bekerja secara aman dan responsif. Secara keseluruhan, hasil performa ini menunjukkan bahwa integrasi komponen memiliki tingkat responsivitas tinggi dan dapat diandalkan.

Tabel 2 Hasil Pengujian Performa

Komponen/Proses	Waktu Rata-rata	Keterangan
Waktu Buka Palang Otomatis	2,30 detik	Sesuai spesifikasi E10, cukup cepat untuk area publik
Waktu Deteksi Kendaraan oleh Sensor VLD	< 0,5 detik	Deteksi sangat cepat sejak kendaraan melintasi loop, tanpa keterlambatan
Waktu Respons Sistem terhadap RFID	< 1 detik	Respon langsung membuka palang jika kartu RFID valid
Waktu Auto-Reverse (Deteksi Penghalang)	< 1 detik setelah deteksi	Palang langsung naik kembali setelah mendeteksi obstacle saat proses turun

Hasil yang diperoleh juga mendukung teori bahwa sistem parkir manual memiliki keterbatasan signifikan dalam hal keamanan dan efisiensi. Sistem baru yang dirancang mengatasi ketidakhadiran kontrol akses dan minimnya pengawasan yang sebelumnya menjadi masalah utama di area parkir kampus [1], [5]. Dengan kemampuan mencatat identitas kendaraan dan mengontrol palang secara otomatis, sistem ini memberikan peningkatan signifikan dalam pengelolaan parkir. Hal ini sejalan dengan pendapat Sudjiman [8], yang menegaskan bahwa sistem informasi harus mampu menyediakan data yang relevan secara real-time agar dapat mendukung pengambilan keputusan operasional.

Dari sisi teknologi, hasil penelitian memperkuat temuan Tanjung *et al.* yang menyatakan bahwa kombinasi RFID dan sensor ultrasonik secara signifikan meningkatkan performa sistem parkir dalam hal akurasi dan kecepatan respons [14]. Ini juga konsisten dengan penelitian Musakar yang membuktikan bahwa mikrokontroler Arduino cukup memadai untuk mengembangkan sistem kontrol akses berskala menengah dengan kompleksitas terbatas [15]. Selain itu, hasil pengujian skenario abnormal menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat ketahanan yang baik terhadap gangguan umum seperti kartu tidak valid dan objek tak terduga. Fitur ini memperkuat aspek keamanan, yang menjadi salah satu kelemahan utama pada sistem parkir manual.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan performa yang baik, terdapat beberapa hal yang masih dapat ditingkatkan pada implementasi sistem. Misalnya, sistem belum terhubung dengan basis data kendaraan yang lebih besar sehingga pencatatan kendaraan masih terbatas pada identifikasi dasar melalui kartu RFID. Selain itu, sensor VLD memiliki keterbatasan apabila digunakan dalam kondisi lingkungan tertentu seperti permukaan yang tidak stabil atau kendaraan dengan komposisi material non-logam. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengintegrasikan kamera atau sensor tambahan sebagai sistem redundansi untuk meningkatkan akurasi deteksi, sebagaimana diusulkan dalam studi terkait pengolahan citra untuk sistem parkir [3].

Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan menunjukkan bahwa sistem parkir otomatis berbasis RFID dan sensor ultrasonik yang dikembangkan dalam penelitian ini telah memenuhi kebutuhan dasar pengelolaan parkir kampus, khususnya dalam hal kecepatan akses, keamanan, dan kemampuan deteksi kendaraan. Kinerja sistem yang responsif, hasil pengujian fungsional yang sempurna, serta kesesuaian dengan teori dan penelitian sebelumnya menjadikan prototipe ini layak untuk dipertimbangkan sebagai model implementasi sistem parkir cerdas di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem parkir sepeda motor di Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma yang sebelumnya masih manual dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penerapan sistem portal otomatis berbasis RFID, sensor ultrasonik atau VLD, dan mikrokontroler Arduino. Prototipe yang dikembangkan mampu memberikan respons yang cepat dan akurat terhadap berbagai kondisi operasional, ditunjukkan melalui waktu pembacaan RFID yang kurang dari satu detik, deteksi kendaraan oleh sensor kurang dari 0,5 detik, serta waktu pembukaan palang otomatis rata-rata 2,30 detik. Semua skenario pengujian, termasuk validasi kartu, deteksi kendaraan, penanganan kartu tidak valid, dan fitur keselamatan *auto-reverse*, berhasil berjalan sesuai desain dan menunjukkan tingkat keberhasilan 100 persen. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi teknologi sederhana namun tepat guna dapat secara efektif meningkatkan keamanan, efisiensi, dan keandalan pengelolaan parkir di lingkungan kampus.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan sistem parkir cerdas berskala menengah, khususnya pada konteks perguruan tinggi yang membutuhkan solusi akses kendaraan yang cepat, terukur, dan aman. Sistem yang dibangun tidak hanya mampu mengatasi keterbatasan sistem parkir manual, tetapi juga membuka peluang untuk implementasi sistem pencatatan kendaraan secara real-time yang sebelumnya tidak tersedia. Meskipun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan, seperti belum adanya integrasi dengan basis data kendaraan yang lebih komprehensif, belum diujinya sistem pada kondisi lingkungan yang lebih kompleks, serta prototipe yang masih diuji dalam skala terbatas. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada integrasi aplikasi monitoring, penggunaan sensor tambahan sebagai sistem redundansi, serta implementasi pada skala lapangan yang lebih luas untuk menguji keandalan sistem dalam kondisi operasional sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rezario, S. P. Eni, and M. M. Sudarwani, “Dampak lingkungan akibat pemanfaatan jalan lingkungan sebagai area parkir,” in *Temu Ilmiah Ikatan Peneliti Lingkungan Binaan Indonesia*, pp. 15–22, 2021.
- [2] M. Mardhalena and N. D. Nathasia, “Parking sensor system untuk mendeteksi jarak aman kendaraan menggunakan sensor ultrasonic berbasis Arduino Uno ATmega328,” *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 7, no. 4, pp. 1391–1400, 2022.
- [3] A. S. Hutavea, H. R. P. Putra, and R. Syaifudin, “Perancangan dan implementasi sistem pengenalan wajah menggunakan program Python sebagai kontrol akses masuk parkir kendaraan pada area perusahaan,” *ELIJITA: Electrical Engineering and Informatics Journal of UNITA*, vol. 1, no. 1, pp. 42–56, 2025.
- [4] A. F. Zein, “Smart parking system dengan algoritma background subtraction menggunakan teknologi progressive web apps PWA dan Raspberry Pi 4,” Bachelor’s thesis, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Indonesia, [n.d.].
- [5] I. N. B. Pranatha, “Analisis kapasitas ruang parkir pada kawasan Dinas Perhubungan Kabupaten Tabanan,” Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Indonesia, 2023.
- [6] M. R. Zhafrando, S. A. Sitompul, and E. Yuniarti, “Analisis numerik bird strike pada radome dengan struktur sandwich,” *Jurnal Mahasiswa Dirgantara*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [7] I. Putra, “Analisis kebutuhan dan ketersediaan ruang parkir objek wisata Desa Tradisional Penglipuran Kabupaten Bangli,” Doctoral dissertation, Universitas Mahasaraswati Denpasar, Indonesia, 2024.
- [8] P. E. Sudjiman and L. S. Sudjiman, “Analisis sistem informasi manajemen berbasis komputer dalam proses pengambilan keputusan,” *TeIKA*, vol. 8, no. 2, pp. 55–66, 2018.
- [9] I. H. Santi, *Analisa perancangan sistem*. Indonesia: Penerbit Nem, 2020.
- [10] K. Nugroho and H. Kristianto, “LKP: Analisis dan perancangan sistem informasi perawatan dan perbaikan pesawat pada PT. Merpati Nusantara Airlines,” Doctoral dissertation, Stikom Surabaya, Indonesia, 2010.
- [11] Z. Tuasamu, N. A. I. M. Lewaru, M. R. Idris, A. B. N. Syafaat, F. Faradilla, M. Fadlan, and R. Efendi, “Analisis sistem informasi akuntansi siklus pendapatan menggunakan DFD dan flowchart pada bisnis Porobico,” *Jurnal Bisnis dan Manajemen (JURBISMAN)*, vol. 1, no. 2, pp. 495–510, 2023.
- [12] Y. I. Kurniawan, “TA: Rancang bangun sistem penjualan pada unit usaha ‘Fotocopy Center’ STIKOM Surabaya,” Doctoral dissertation, STIKOM Surabaya, Indonesia, 2013.
- [13] L. H. Annisa and Y. H. C. Pratama, “Implementasi paradigma interaksi manusia & komputer pada di era Society 5.0: systematic literature review,” *Technology and Informatics Insight Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 88–98, 2022.
- [14] R. A. Tanjung, T. Rijanto, F. Baskoro, and R. Firmansyah, “Pengembangan sistem palang pintu otomatis di tempat parkir FT UNESA menggunakan sensor RFID dan sensor ultrasonik berbasis bot Telegram,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 3, pp. 230–237, 2025.
- [15] M. Musakar, “Rancang bangun prototype portal parkiran otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino Uno RFID di Fakultas Teknik,” Doctoral dissertation, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia, 2025.