

System Smart Parking Berbasis Mikrokontroler ESP32 dan RFID Untuk Otomatisasi Akses Parkir di PT. Glory Industrial Semarang

Victor Gallant Smart^{*1}, Ihsan Cahyo Utomo²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia
Email: ¹1200210155@student.ums.ac.id, ²icu886@email.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi, khususnya *Radio Frequency Identification* (RFID), telah memberikan kontribusi signifikan dalam mendukung otomatisasi berbagai sistem, termasuk sistem parkir. PT Glory Industrial Semarang menghadapi permasalahan dalam pengelolaan lahan parkir, di mana proses pengecekan kendaraan masih dilakukan secara manual oleh petugas keamanan, sehingga menghambat efisiensi operasional harian. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem smart parking berbasis mikrokontroler ESP32 dan RFID guna meningkatkan efisiensi waktu dan ketertiban akses kendaraan. Metode yang digunakan adalah metode prototype, dengan serangkaian tahapan mulai dari perancangan hingga pengujian sistem secara langsung. Pengujian dilakukan sebanyak 20 kali simulasi akses masuk dan keluar kendaraan dengan hasil akurasi pembacaan RFID mencapai 100% dan respon sistem yang cepat dalam mengontrol palang pintu otomatis. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi waktu antrean dan meningkatkan keamanan area parkir. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem parkir otomatis berbasis IoT yang lebih efisien, aman, dan dapat diterapkan di lingkungan industri sejenis.

Kata kunci: *ESP32, IoT, RFID, Sistem Otomatis, Smart Parking, Sistem Prototype*

Smart Parking System Based on ESP32 Microcontroller and RFID for Automated Vehicle Access at PT. Glory Industrial Semarang

Abstract

The advancement of technology, particularly Radio Frequency Identification (RFID), has significantly contributed to the automation of various systems, including vehicle parking management. PT Glory Industrial Semarang faces challenges in managing its parking area, where vehicle inspections are still conducted manually by security personnel, leading to delays in daily operations. This study aims to develop a smart parking system based on the ESP32 microcontroller and RFID technology to improve time efficiency and regulate vehicle access. A prototype method was employed, covering system design, development, and testing stages. The system was tested in 20 simulated vehicle entries and exits, achieving 100% RFID reading accuracy and fast response in controlling the automatic barrier gate. The implementation results demonstrate that the system effectively reduces queue time and enhances parking area security. This research contributes to the development of more efficient, secure, and IoT-based automated parking systems applicable to similar industrial environments.

Keywords: *ESP32, IoT, RFID, Smart Parking, Automated System, Prototype Systems.*

1. PENDAHULUAN

Teknologi kini telah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari, mencakup berbagai bidang seperti perkantoran, pendidikan, hingga bisnis. Kemajuan dalam industri teknologi elektronik dan komunikasi telah memberikan kemudahan bagi masyarakat dalam menjalankan berbagai aktivitas. Seiring perkembangan teknologi, berbagai studi telah dilakukan di berbagai sektor. Salah satunya melibatkan pemanfaatan sensor untuk mendeteksi atau mengukur kebutuhan dari sistem yang sedang dikembangkan. Informasi yang diperoleh dari hasil deteksi atau pengukuran sensor kemudian diintegrasikan untuk membentuk sistem monitoring dan pengendalian [1]. Teknologi ini salah satunya diterapkan dalam sistem parkir otomatis yang menggunakan perangkat canggih untuk mengatur akses ke area parkir. Salah satu teknologi yang mengalami perkembangan pesat adalah Radio Frequency Identification (RFID), yang kini semakin banyak digunakan karena fleksibilitas penerapannya di berbagai sektor. RFID bekerja secara otomatis dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk mentransfer data antara terminal dan objek tertentu. Radio Frequency Identification (RFID) adalah teknologi yang memanfaatkan

komunikasi melalui gelombang elektromagnetik untuk mentransfer data antara terminal dan objek, dengan tujuan mengidentifikasi serta melacak informasi dari objek tersebut [2].

Area parkir dan sistem pengelolaannya merupakan dua elemen yang saling berkaitan dalam menunjang fasilitas gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, rumah sakit, bandara, hingga hotel. Antrian kendaraan masih sering terjadi di tempat-tempat tersebut, terutama akibat penggunaan sistem parkir manual pada akses masuk dan keluar[1]. Penerapan sistem parkir yang efisien dapat meningkatkan kenyamanan bagi pengguna fasilitas umum yang memiliki tingkat kunjungan tinggi. Teknologi RFID ini dapat dimanfaatkan dalam penerapan sistem parkir pintar (*smart parking*) di lingkungan PT. Glory Industrial Semarang yang sebelumnya belum memiliki sistem manajemen parkir yang tertata dengan baik. PT. Glory Industrial Semarang sendiri telah memberlakukan aturan parkir, dimana setiap gedung memiliki area parkir tersendiri. Para karyawan diwajibkan untuk memarkir kendaraannya di area parkir gedung tempat mereka bekerja. Namun, masih ada sebagian karyawan yang tidak mematuhi ketentuan tersebut, sehingga menyebabkan ketidakteraturan dalam penataan kendaraan. Selain itu, proses pemeriksaan kendaraan yang keluar masih dilakukan secara manual oleh petugas keamanan yang mengakibatkan proses tersebut menjadi tidak efisien dan memakan waktu lama. Penggunaan sistem smart parking berbasis RFID dan ESP 32 dapat membantu menata kembali area parkir sesuai peraturan, sekaligus meningkatkan efisiensi waktu pemeriksaan kendaraan.

Berdasarkan penelitian terdahulu oleh Zein A (2023) mengenai Pengelolaan Sistem Parkir Dengan Menggunakan Long Range RFID Reader Berbasis Arduino UNO penggunaan sistem hak akses akan memberikan pilihan yang fleksibel bagi pemegang hak akses untuk interaksi dengan aman dan mudah[3]. Penelitian serupa yang dikembangkan oleh Fernanda, Achmad, Akbar (2021) tentang Rancang Bangun Smart Parking System Berbasis Kartu RFID RC522 menjelaskan bahwa pengembangan sistem bertujuan untuk mempermudah pengguna lahan parkir untuk menentukan tempat parkir sesuai tujuan pengguna[4]. Penelitian terdahulu oleh Hendra, Gunawan (2020) mengenai Smart Parking Gate Menggunakan RFID Berbasis Arduino di Universitas Banten Jaya dilakukan untuk membuat sistem gerbang parkir yang memanfaatkan RFID melalui Kartu Tanda Penduduk (KTP) sebagai media akses ke area parkir untuk keluar masuk kendaraan ke area parkir[5]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Bagas Latip Trengginas, Hanny Hikmayanti Handayani, dan Ayu Ratna Juwita (2022) mengenai Rancang Bangun Sistem Parkir Otomatis pada Kampus UBP Berbasis IoT, penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem portal parkir otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU dan kartu RFID. Selain itu, penelitian ini juga berhasil menguji dan mengoptimalkan kinerja sistem parkir otomatis tersebut [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Raharjo S, Setia Budi A, Widarsi E (2022) tentang Prototipe Sistem Keamanan Parkir Berbasis RFID menjelaskan bahwa pemanfaatan teknologi RFID mampu mempercepat proses identifikasi serta pembacaan informasi pada suatu objek maupun identitas individu [7].

Melihat permasalahan yang ada dan mengacu pada penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem parkir berbasis RFID dan ESP 32 guna memperbaiki penataan kendaraan sesuai aturan. Sistem ini akan menggunakan RFID dan ESP 32 sebagai mikrokontroler, dengan Micro Servo sebagai penggerak palang pintu. Sistem ini memanfaatkan mikrokontroler ESP32 yang telah dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dan berperan sebagai pengendali utama sistem [8]. Mikrokontroler ini akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm saat palang pintu terbuka, sekaligus mengirimkan notifikasi pesan ke sistem. Sistem ini mengandalkan RFID dan server database. RFID berfungsi untuk mengirimkan sinyal ke mikrokontroler saat palang pintu terbuka, sementara server database digunakan untuk mencatat dan menyimpan riwayat *log* setiap kali palang pintu terbuka [8]. Tag RFID dapat berupa aktif atau pasif. Radio Frequency Identification (RFID) adalah proses identifikasi objek atau individu dengan memanfaatkan frekuensi transmisi radio. Teknologi RFID menggunakan gelombang radio untuk membaca informasi dari perangkat kecil yang disebut tag atau transponder. Sistem ini menggunakan kartu RFID tag yang menyimpan informasi terkait objek atau benda, yang terhubung dengan sistem database mikrokontroler sebagai pengendali, yang kemudian terhubung dengan pembaca RFID [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem smart parking berbasis RFID dan ESP32 untuk mengatur akses keluar masuk kendaraan di PT. Glory Industrial Semarang, meningkatkan efisiensi waktu dan ketertiban dalam penataan area parkir karyawan, menyediakan sistem yang dapat mencatat riwayat kendaraan secara otomatis melalui database yang terhubung dengan RFID yang terhubung dengan website[9], serta memberikan kontribusi terhadap penerapan teknologi Internet of Things (IoT) pada sistem parkir industri secara praktis, aman, dan efisien.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikrokontroler ESP 32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dan merupakan generasi penerus dari ESP8266. Mikrokontroler ini telah dilengkapi dengan modul WiFi yang terintegrasi di dalam chip-nya,

sehingga sangat cocok digunakan untuk membangun sistem aplikasi berbasis Internet of Things (IoT)[10]. Board ini tersedia dalam dua varian, yaitu dengan 30 GPIO dan 36 GPIO. Meskipun keduanya memiliki fungsi yang serupa, varian dengan 30 GPIO lebih dipilih karena dilengkapi dengan dua pin GND. Seluruh pin telah diberi label pada bagian atas board, sehingga memudahkan dalam pengenalannya. Board ini juga dilengkapi dengan antarmuka USB to UART yang mendukung pemrograman secara praktis menggunakan software seperti Arduino IDE. Daya untuk board ini dapat disuplai melalui konektor micro USB [8].



Gambar 1. ESP 32

2.2. RFID Reader

RFID *reader* adalah alat yang digunakan untuk membaca data dari tag RFID, yang berfungsi sebagai pelacak benda-benda secara individual. Data dikirimkan dari tag ke pembaca melalui gelombang radio. Teknologi ini serupa dengan barcode, tetapi memiliki keunggulan karena tag RFID tidak perlu dipindai secara langsung atau berada dalam garis pandang pembaca. Selama tag masih berada dalam jangkauan pembaca, yang bisa mencapai 3 hingga 300 kaki, datanya tetap bisa terbaca. RFID juga memungkinkan pemindaian banyak benda sekaligus, serta mempermudah identifikasi suatu produk meskipun berada di tengah-tengah banyak barang lainnya [11].



Gambar 2. RFID Reader

2.3. Kartu RFID

Kartu RFID merupakan perangkat yang terdiri dari rangkaian elektronik dan antena yang telah terintegrasi di dalamnya. Rangkaian elektronik pada kartu RFID umumnya dilengkapi dengan memori, sehingga memungkinkan untuk menyimpan data. Dalam penelitian tugas akhir ini, kartu karyawan digunakan sebagai kartu RFID [12]



Gambar 3. Kartu RFID

2.4. LCD Display

LCD berfungsi sebagai media untuk menampilkan informasi. Pada sistem ini, digunakan LCD tipe 16x2, yaitu layar yang mampu menampilkan hingga 16 karakter per baris dengan total dua baris. Agar dapat bekerja, LCD ini membutuhkan suplai tegangan sebesar +5V. LCD ini terhubung ke port 2 pada mikrokontroler dan berperan sebagai perangkat output. Karakter yang ditampilkan oleh LCD didasarkan pada kode ASCII [11]



Gambar 4. LCD Display

2.5. Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor [12]. Motor servo merupakan gabungan dari motor DC, rangkaian gear, dan sistem kontrol. Gear yang terhubung dengan motor DC berfungsi untuk mengurangi kecepatan putaran serta meningkatkan torsi, sehingga memungkinkan pengaturan sudut atau arah putaran secara presisi [13]. Motor servo pada sistem ini berfungsi sebagai penggerak palang pintu yang akan membuka dan menutup saat kendaraan masuk atau keluar area parkir.



Gambar 5. Motor Servo

2.6. Buzzer

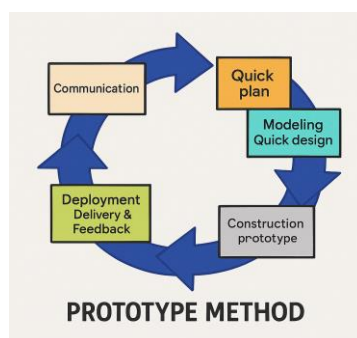
Buzzer merupakan komponen elektronika yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Komponen ini dapat digunakan bersama DFRduino atau sistem kontrol lainnya, dan sering dimanfaatkan untuk menghasilkan suara bel atau memainkan musik MIDI sederhana [8]



Gambar 6. Buzzer

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Prototype sebagai pendekatan dalam pengembangan sistem. Prototipe adalah bentuk awal atau contoh dari suatu konsep atau produk yang dirancang untuk menguji dan mengevaluasi ide yang telah dikembangkan sebelumnya [14] Metode ini berfokus pada pengembangan perangkat lunak dengan menitikberatkan pada aspek desain, fungsionalitas, dan antarmuka pengguna. Proses dimulai dengan pengumpulan kebutuhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan prototype, yang selanjutnya dievaluasi oleh pengguna untuk perbaikan lebih lanjut [15]



Gambar 7. Metode Prototype

3.1. Communication

Tahapan analisis dalam pengembangan sistem dikenal sebagai Software Requirement Specification (SRS), yang berisi deskripsi mengenai perilaku sistem yang akan dibangun. Analisis kebutuhan ini bertujuan untuk mengidentifikasi baik kebutuhan fungsional maupun non-fungsional dari sistem [16]. Proses perancangan sistem dilakukan melalui pendekatan yang sistematis, dengan menggunakan metode analisis kebutuhan yang mencakup studi literatur dan wawancara. Tujuannya adalah untuk memahami secara menyeluruh proses yang berjalan serta kebutuhan pengguna. Dalam penelitian ini, dilakukan identifikasi terhadap permasalahan sistem parkir yang belum tertata sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan.

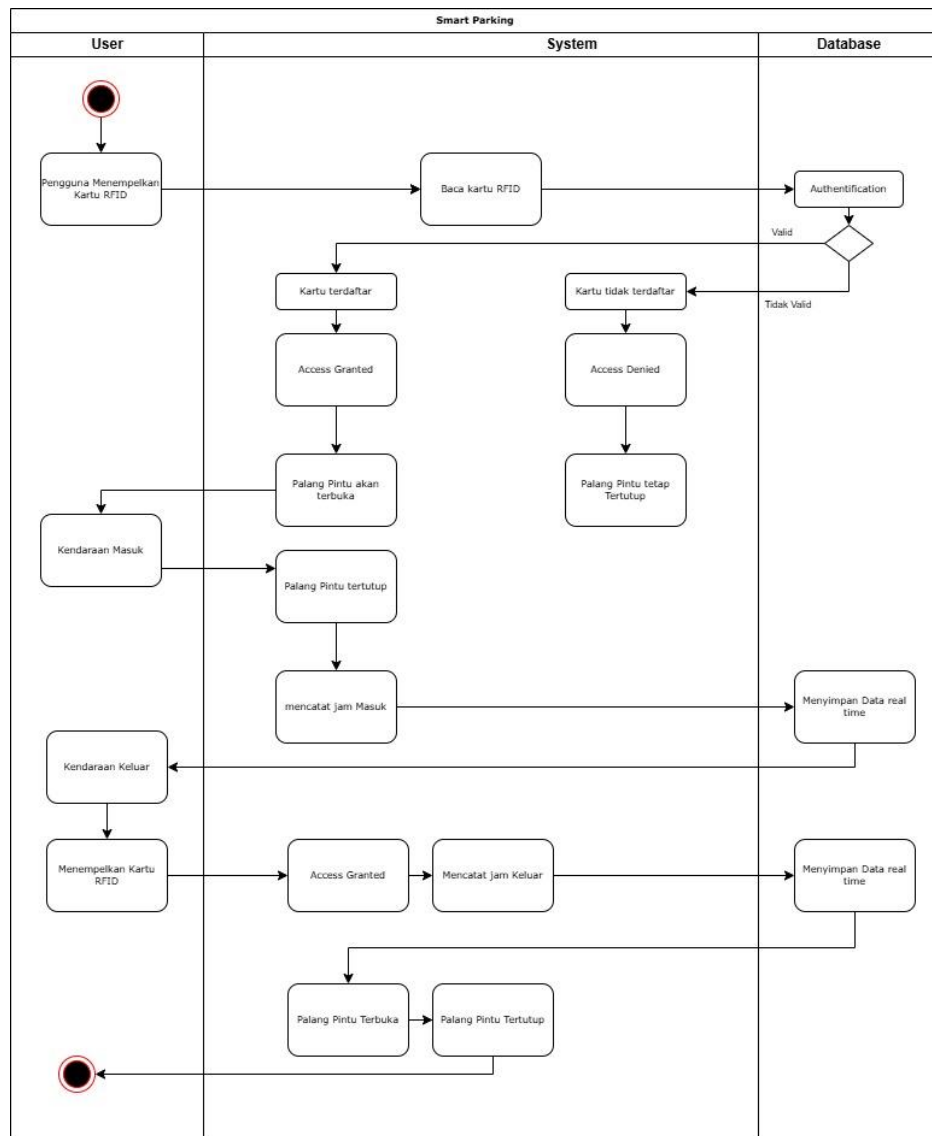
Kebutuhan fungsional pada sistem ini terdiri dari admin dan user. Admin dapat mengelola data keluar masuk kendaraan, mendaftarkan kartu karyawan, dan mengelola slot parkir kendaraan. User dapat menggunakan kartu untuk akses keluar masuk, dan menerima informasi bahwa akses diterima atau ditolak. Kebutuhan non fungsional pada sistem ini menggunakan RFID, ESP32, Buzzer, Laptop, LCD Display, Motor Servo DC, Breadboard, Kabel Jumper, Kabel USB type C, XAMPP, MySQL, PHP, dan Arduino IDE.

3.2. Quick Plan & Modelling Quick Design

Tahap *quick plan* merupakan penyusunan rencana yang dilakukan oleh secara cepat berdasarkan spesifikasi kebutuhan pengguna yang diperoleh dari tahap komunikasi sebelumnya. Perencanaan ini mencakup perancangan flowchart untuk mengidentifikasi komponen-komponen yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi, serta pembuatan Use Case Diagram untuk memahami alur kerja aplikasi tersebut. Pada *modelling quick design*, peneliti merancang model desain aplikasi yang diperlukan dengan memanfaatkan waktu perancangan secara efisien untuk menggambarkan kebutuhan klien berdasarkan hasil analisis sebelumnya [17]. Hasil pengumpulan data dari tahap sebelumnya akan dianalisis sesuai dengan kebutuhan sistem. Tahap selanjutnya membuat desain produk sesuai analisa untuk memperjelas dan mengatur persyaratan sistem. Alur kerja sistem dirancang menggunakan *activity diagram* yang menggambarkan setiap aktivitas pada sistem dianggap sebagai bagian dari rancangan yang berhubungan dengan pengguna [18].

3.2.1. Activity Diagram

Activity diagram pada gambar 8 merupakan alur sistem Smart Parking berbasis RFID. Proses dimulai saat pengguna menempelkan kartu RFID ke alat pemindai. Sistem kemudian membaca kartu dan memverifikasi validitasnya ke database. Jika kartu terdaftar dan valid, akses diberikan, palang pintu terbuka, kendaraan masuk, dan waktu masuk dicatat serta disimpan secara real-time. Saat kendaraan keluar, proses serupa dilakukan dimana pengguna menempelkan kartu, akses diberikan, waktu keluar dicatat dan disimpan, lalu palang pintu terbuka untuk kendaraan keluar. Sistem memastikan keamanan dan pencatatan data yang akurat secara otomatis.

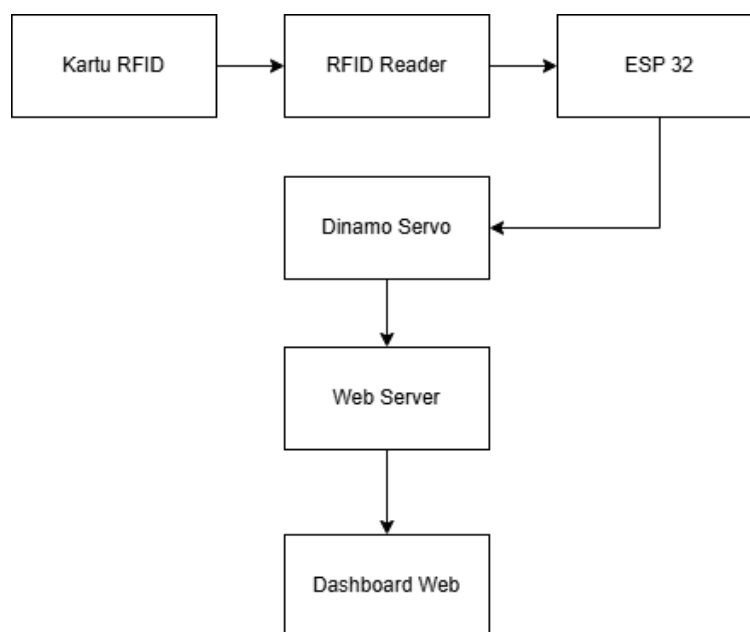


Gambar 8. Activity Diagram

3.2.2. Diagram Blok

Sistem ini dirancang untuk mengelola akses otomatis menggunakan teknologi RFID dan mikrokontroler ESP32. Pengguna akan membawa kartu RFID yang berisi ID unik. Saat kartu tersebut didekatkan ke RFID Reader, data ID akan dibaca dan dikirimkan ke ESP32. Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat pengendali sistem yang akan memproses ID tersebut. Jika ID terverifikasi sebagai pengguna yang sah, ESP32 akan mengirimkan sinyal ke motor servo untuk membuka atau menutup gerbang otomatis. Selain itu, sistem dapat dilengkapi dengan sensor tambahan seperti sensor ultrasonik yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan, sehingga menambah akurasi dan keamanan dalam pengoperasian gerbang.

ESP32 juga memiliki koneksi WiFi yang memungkinkan data hasil pembacaan RFID dan status gerbang dikirimkan ke web server yang dibangun menggunakan PHP dan MySQL. Web server ini menyimpan log akses dan memungkinkan pengguna atau administrator untuk memantau aktivitas sistem. Data dari server kemudian ditampilkan dalam dashboard web yang dapat diakses melalui browser, sehingga pengguna dapat melihat informasi seperti riwayat akses, status perangkat, dan kondisi sistem secara real-time. Sistem ini cocok diterapkan pada area parkir, pintu akses gedung, atau lingkungan lain yang memerlukan kontrol akses otomatis dan terintegrasi.



Gambar 9. Diagram Blok

3.3. Construction Prototype

Pada tahap pembentukan prototipe, analisis sistem dilakukan bersama tim pemrograman untuk mengembangkan model awal sistem yang dapat ditunjukkan kepada pengguna sebagai gambaran sistem yang akan dibangun[19]. Prototipe sistem smart parking berbasis Arduino dan RFID memiliki alur kerja yang jelas pada setiap tahapnya. Setiap karyawan dibekali kartu yang sudah dilengkapi dengan chip RFID. Saat karyawan hendak memasuki area parkir, mereka harus mendekatkan kartu tersebut ke RFID Reader. Ketika kartu terdeteksi, RFID Reader akan mengirimkan data ke ESP 32 untuk diproses lebih lanjut.

ESP 32 kemudian melakukan pengecekan terhadap ID kartu dengan membandingkannya dengan data yang telah disimpan. Jika kartu tersebut terdaftar, maka Arduino akan mengirimkan sinyal ke LCD Display untuk menampilkan pesan “Akses Diterima” dan menyalakan buzzer sebagai tanda bahwa akses telah diberikan. Setelah proses verifikasi berhasil, ESP 32 mengaktifkan mekanisme pembuka palang pintu secara otomatis. Selain itu, sistem juga mencatat data kartu dan waktu akses dengan menggunakan database. Proses yang terjadi saat kendaraan keluar dari area parkir pun berlangsung dengan langkah-langkah yang sama seperti saat masuk.

3.4. Deployment Delivery & Feedback

Tahap ini bertujuan untuk menyempurnakan prototipe yang telah dikembangkan, sehingga dapat menghasilkan model yang benar-benar sesuai dengan kebutuhan pengguna [20] Dalam tahap ini juga dilakukan penilaian terhadap prototipe oleh pengguna, dengan cara menganalisis sistem untuk mengetahui sejauh mana rancangan yang dibuat dapat diterima. Proses ini juga mencakup identifikasi terhadap saran perbaikan dari pengguna, baik itu perubahan kecil maupun revisi menyeluruh terhadap sistem [19].

Tahap akhir dari metode penelitian ini adalah implementasi sistem. Pada tahap ini, sistem yang telah melalui proses evaluasi siap untuk digunakan secara penuh. Penggunaan sistem ini melibatkan pemantauan performa dalam situasi nyata untuk memastikan bahwa sistem bekerja sebagaimana mestinya dan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan[20]

3.5. Pengujian Sistem

Selain evaluasi oleh pengguna, dilakukan pula pengujian sistem menggunakan metode blackbox testing. Black Box Testing merupakan metode pengujian yang dilakukan dengan cara mengamati keluaran sistem berdasarkan data uji, tanpa mengetahui struktur internal perangkat lunak. Pendekatan ini berfokus pada aspek fungsional dari sistem dan dianggap efektif dalam mengidentifikasi berbagai jenis kesalahan yang mungkin terjadi. Penggunaan metode Black Box Testing dalam penelitian ini dipilih karena kemampuannya untuk menguji sistem secara menyeluruh dari sisi fungsionalitas, tanpa memerlukan pemahaman mendalam tentang kode program yang

digunakan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa setiap fitur dan fungsi sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan berdasarkan spesifikasi [15].

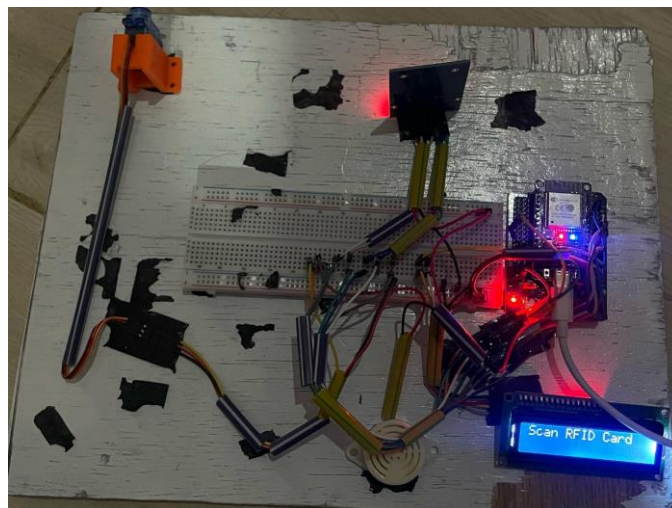
Pengujian dilakukan terhadap lima skenario utama, yaitu: proses pendaftaran pengguna, akses masuk dengan data yang valid, akses keluar dengan data yang valid, penolakan akses dengan data yang tidak valid, serta monitoring melalui dashboard. Setiap skenario dirancang untuk memastikan bahwa fitur-fitur utama sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan pengguna.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi

4.1.1. Hasil prototype *smart parking*

Hasil dari perancangan yang telah dilakukan menghasilkan sistem parkir yang menggunakan beberapa komponen yang terdiri dari kotak proyek dengan lebar 25 cm, dan tinggi 20 cm, ESP 32, RFID *Reader*, LCD *Display*, breadboard, dinamo servo, *buzzer*, dan kabel jumper. Hasil dari perancangan alat dan sistem parkir dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5.



Gambar 10. Hasil prototype *system parking*

4.1.2. Tampilan LCD Display

Pada gambar 11, sistem Smart Parking berbasis RFID dan ESP32 berhasil melakukan verifikasi terhadap data kartu RFID yang telah terdaftar. Setelah proses autentikasi berhasil, sistem secara otomatis menampilkan pesan "Access Granted – Thank You!" pada layar LCD sebagai indikator bahwa akses kendaraan telah disetujui. Selain itu, data kendaraan yang berhasil terverifikasi juga secara otomatis tercatat dalam sistem, memastikan bahwa setiap aktivitas masuk dan keluar dapat dimonitor secara real-time untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi pengelolaan parkir.



Gambar 11. Layar LCD saat kartu berhasil didaftarkan

4.1.3. Tampilan LCD Display

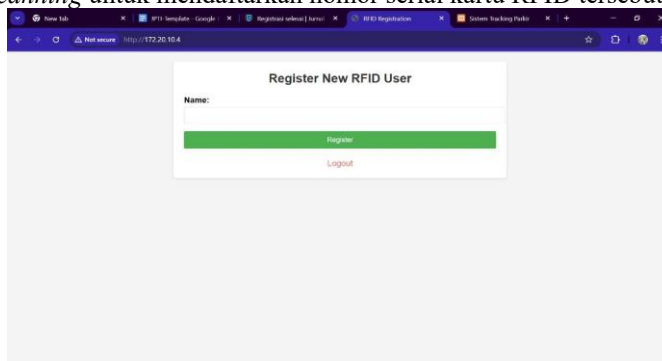
Pada gambar 12, sistem Smart Parking menolak akses masuk kendaraan yang tidak terdaftar dalam database. Hal ini ditunjukkan dengan tampilan pesan "Access Denied – Unauthorized" pada layar LCD, yang berarti kartu RFID yang digunakan tidak dikenali oleh sistem. Mekanisme ini berfungsi sebagai lapisan keamanan untuk mencegah kendaraan yang tidak berwenang masuk ke area parkir, sehingga mendukung upaya peningkatan keamanan dan pengelolaan akses secara otomatis dan akurat.



Gambar 12. Layar LCD saat kartu belum terdaftar

4.1.4. Halaman *register*

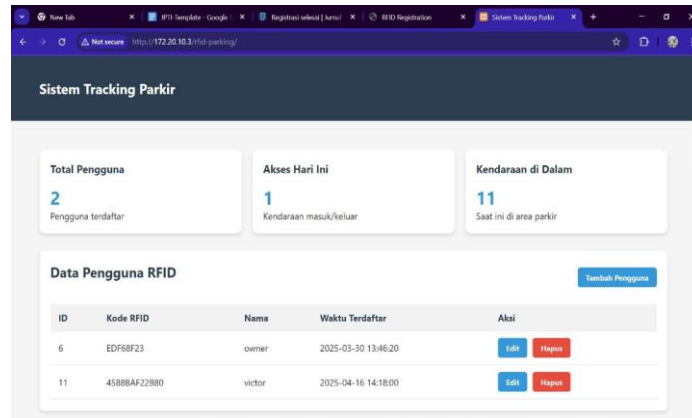
Terdapat beberapa tampilan pada halaman website yaitu halaman *register* untuk mendaftarkan pengguna, halaman data pengguna RFID, dan halaman log akses. Gambar 13 menunjukkan halaman yang digunakan untuk mendaftarkan pengguna dengan menambahkan nama karyawan yang bersangkutan. Selanjutnya kartu RFID milik karyawan akan dilakukan *scanning* untuk mendaftarkan nomor serial kartu RFID tersebut.



Gambar 13. Halaman *register new RFID user*

4.1.5. Tampilan *dashboard*

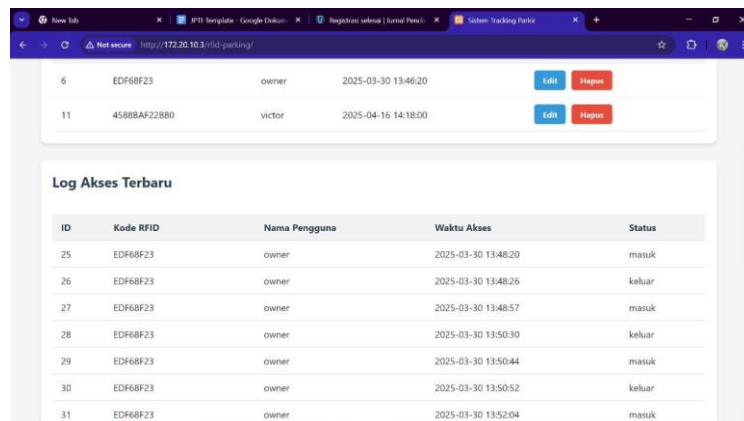
Halaman data pengguna RFID ditampilkan pada gambar 14 yang merupakan dashboard dari sebuah *system parking*. Dashboard ini digunakan untuk memantau dan mengelola data pengguna RFID serta status kendaraan yang masuk dan keluar area parkir. Terdapat 3 kotak ringkasan yang memberikan informasi secara *real time* yang terdiri dari kotak total pengguna yang menampilkan jumlah total pengguna RFID yang terdapat di sistem, kotak akses hari ini menampilkan jumlah kendaraan yang telah melakukan akses masuk maupun keluar dihari yang sama, kotak kendaraan menunjukkan jumlah kendaraan yang saat ini sedang berada didalam area parkir. Pada data tabel pengguna RFID menampilkan detail dari pengguna RFID yang telah terdaftar dengan beberapa kolom yaitu ID, kode RFID, nama, waktu terdaftar, dan tombol aksi.



Gambar 14. Halaman data pengguna RFID

4.1.6. Halaman log akses

Halaman *log* akses terbaru menampilkan *log* atau riwayat terakhir aktivitas kendaraan yang melakukan akses ke area parkir secara *real time* berdasarkan pemindaian kartu RFID. Pada tabel log akses terdiri dari beberapa kolom yaitu ID, kode RFID, nama pengguna, waktu akses, dan status.



Gambar 15. Halaman log akses terbaru

4.2. Hasil Pengujian Sistem

Hasil dari penelitian ini diuji menggunakan *blackbox testing* yang menunjukkan fungsionalitas pada sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Tabel 1 menunjukkan hasil dari *blackbox testing*.

Tabel 1. Hasil Pengujian *Blackbox Testing*

Kondisi	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Status
Kartu pengguna belum terdaftar	Kartu RFID langsung ditap pada RFID reader saat belum terdaftar	Akses ditolak, tidak ada respon dari sistem, pintu tetap tertutup	Valid
Kartu pengguna belum terdaftar	Kartu pengguna didaftarkan dengan scanning.	Kartu pengguna yang berhasil di scan maka nomor serial RFID berhasil didaftarkan	Valid
Pengguna akan memasuki area parkir	Kartu RFID ditap pada RFID reader.	Palang pintu terbuka dan <i>buzzer</i> akan berbunyi	Valid

Kendaraan berada di area parkir	Sistem mencatat waktu masuk dan menambah jumlah kendaraan di dalam.	Data kendaraan bertambah dan tampil di dashboard sebagai “kendaraan didalam”.	Valid
Pengguna akan keluar dari area parkir	Kartu RFID ditap kembali pada RFID reader.	Sistem mencatat waktu keluar, dan mengurangi jumlah kendaraan pada area parkir.	Valid
Kendaraan meninggalkan area parkir	Sistem menampilkan log keluar dengan status “keluar”.	Log akses terbaru memperlihatkan status keluar dengan waktu sesuai.	Valid
Monitoring dashboard	Admin membuka halaman dashboard	Dashboard menampilkan data jumlah kendaraan terkini, log akses, status gerbang, dan waktu secara real-time	Valid

Tabel 2. Pengujian Penggunaan RFID untuk mengetahui waktu tercepat yang diperlukan

	Pengujian RFID	Pintu Masuk	Pintu Keluar
1	1	3,5 detik	3,3 detik
2	2	3,3 detik	3,2 detik
3	3	3,4 detik	3,4 detik
4	4	3,5 detik	3,5 detik
5	5	3,4 detik	3,3 detik
	Rata-Rata	3,42 detik	3,34 detik

Pada tabel 2 menunjukkan hasil rata-rata waktu yang dibutuhkan RFID untuk membuka palang parkir pintu adalah 3,42 detik, sedangkan waktu yang diperlukan RFID untuk menutup palang parkir pintu adalah 3,34 detik.

Tabel 3. Pengujian manual untuk mengetahui waktu tercepat yang diperlukan

	Pengujian Manual	Pintu Masuk	Pintu Keluar
1	1	7 detik	6,5 detik
2	2	6,5 detik	7 detik
3	3	6 detik	8 detik
4	4	6,3 detik	9 detik
5	5	8 detik	7 detik
	Rata-Rata	6,76 detik	7,5 detik

Pada tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata waktu yang diperlukan untuk membuka palang parkir pintu secara manual adalah 6,76 detik, sedangkan waktu yang diperlukan untuk menutup palang parkir pintu secara manual adalah 7,5 detik.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan RFID secara signifikan lebih efisien dibandingkan metode manual. Terdapat selisih waktu sebesar 3,34 detik lebih cepat untuk proses pembukaan palang parkir dan 4,16 detik lebih cepat untuk proses penutupan. Efisiensi ini menunjukkan bahwa implementasi sistem RFID dapat meningkatkan kecepatan dan kenyamanan dalam pengelolaan sistem parkir, mengurangi waktu tunggu pengguna, serta meminimalkan antrean kendaraan yang masuk dan keluar dari area parkir

4.3. Diskusi

Penerapan sistem smart parking berbasis ESP32 dan RFID di PT. Glory Industrial Semarang menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi manajemen parkir. Sistem ini mampu mengotomatisasi proses masuk dan keluar kendaraan, dengan waktu rata-rata pembukaan dan penutupan palang sebesar 3,42 detik dan 3,34 detik, lebih cepat dibandingkan metode manual yang memerlukan 6,76 detik dan 7,5 detik. Akurasi pembacaan RFID mencapai 100% dalam 5 kali pengujian, serta pencatatan log kendaraan dilakukan secara real-time melalui integrasi dengan database. Penggunaan ESP32 juga memberikan fleksibilitas konektivitas dan dukungan terhadap antarmuka web, menjadikan sistem ini andal dan responsif terhadap kebutuhan operasional. Namun, selama proses pengembangan, sistem mengalami beberapa kendala, seperti ketidakstabilan koneksi Wi-Fi pada lingkungan

industri yang padat perangkat, keterbatasan jarak baca RFID yang mengharuskan posisi kartu sangat dekat dengan reader, serta tantangan dalam sinkronisasi data antara mikrokontroler dan server, yang memerlukan penyesuaian pada struktur database dan pengaturan waktu komunikasi.

Jika dibandingkan dengan penelitian serupa, sistem ini memiliki keunggulan dalam hal integrasi real-time dan efisiensi waktu. Misalnya, dalam penelitian oleh Dewa A, Samsugi S, Setyawati S (2024) sistem smart parking yang dikembangkan menggunakan teknologi RFID dan rata-rata waktu operasional sistem tersebut adalah 4-5 detik untuk pembukaan palang pintu, dan 5-7 detik untuk menutup palang pintu parkir yang menunjukkan lebih lambat dibandingkan dengan sistem ini [1].

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penerapan sistem smart parking berbasis ESP32 dan RFID di PT. Glory Industrial Semarang berhasil memberikan solusi atas permasalahan ketidakteraturan parkir dan inefisiensi waktu pengecekan kendaraan yang sebelumnya dilakukan secara manual. Dengan integrasi teknologi RFID sebagai media identifikasi dan ESP32 sebagai pengendali utama, sistem ini mampu mengotomatisasi proses masuk dan keluar kendaraan secara efektif. Keberhasilan sistem ini ditandai dengan berfungsinya semua komponen seperti RFID reader, LCD, buzzer, motor servo, dan integrasi dengan database untuk mencatat log kendaraan secara real-time. Penggunaan metode prototyping dalam pengembangan sistem memungkinkan proses iterasi dan perbaikan sistem berdasarkan masukan pengguna, sehingga menghasilkan produk akhir yang sesuai dengan kebutuhan operasional di lapangan. Proses pengujian sistem menunjukkan bahwa semua skenario fungsional berjalan dengan baik, mulai dari pendaftaran kartu RFID hingga pencatatan log akses kendaraan secara otomatis. Sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi, tetapi juga memberikan kemudahan dalam pengelolaan data parkir melalui dashboard berbasis web yang informatif.

Pengujian sistem menunjukkan bahwa penggunaan RFID mempercepat waktu operasional parkir secara signifikan. Waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk membuka palang parkir dengan RFID adalah 3,42 detik dan untuk menutup palang 3,34 detik, dibandingkan dengan metode manual yang memerlukan waktu 6,76 detik untuk membuka dan 7,5 detik untuk menutup palang parkir. Efisiensi waktu meningkat sekitar 50% untuk proses masuk dan hingga 55% untuk proses keluar. Sistem juga menunjukkan tingkat keberhasilan 100% dalam mendeteksi kartu RFID yang telah terdaftar selama 20 kali pengujian berturut-turut, serta tidak memberikan akses bagi kartu yang tidak terdaftar, menunjukkan akurasi sistem yang tinggi.

Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem dapat ditingkatkan dengan penambahan fitur notifikasi real-time berbasis aplikasi mobile yang mengirimkan informasi masuk dan keluar kendaraan kepada pemilik atau operator parkir. Selain itu, pengembangan sistem pengawasan berbasis kamera CCTV yang terintegrasi dengan teknologi *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) dapat meningkatkan keamanan serta akurasi data kendaraan yang tidak menggunakan kartu RFID. Secara teknis, penguatan konektivitas data antara ESP32 dan server melalui penggunaan protokol komunikasi terenkripsi seperti HTTPS atau MQTT Secure dapat meningkatkan keamanan sistem. Penambahan modul cadangan daya (UPS) juga disarankan untuk menjaga ketersediaan sistem saat terjadi pemadaman listrik. Dengan perbaikan-perbaikan spesifik ini, sistem smart parking ini memiliki potensi besar untuk direplikasi dan diimplementasikan di lokasi parkir lainnya dengan skala yang lebih luas dan kebutuhan yang lebih kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. Dewa, S. Samsugi, and S. Styawati, "Penerapan Teknologi RFID dalam Pengelolaan Parkir Otomatis untuk Peningkatan Kenyamanan Pengguna Parkir," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 4, no. 4, pp. 1477–1484, Sep. 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i4.1586.
- [2] R. Maulana, E. Rizqi, K. Pradani, and I. T. Yuniahastuti, "Prototype Smart Parking Berbasis KTM di Lingkungan Universitas Islam Raden Rahmat," *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, vol. 2, no. 3, 2023.
- [3] A. Zein, "PENGELOLAAN SISTEM PARKIR DENGAN MENGGUNAKAN LONG RANGE RFID READER BERBASIS ARDUINO UNO," *32 | Jurnal Ilmu Komputer JIK*, vol. 02, 2023.
- [4] R. Fernanda, A. Achmad, M. Akbar, S. Handayani Makassar, and U. Hasanuddin, "Rancang Bangun Smart Parking System Berbasis Kartu RFID RC522," *JURNAL IT Media Informasi IT STMIK Handayani*, vol. 12, no. 1, 2021.
- [5] Y. Hendra and W. Gunawan, "SMART PARKING GATE MENGGUNAKAN RFID BERBASIS ARDUINO DI UNIVERSITAS BANTEN JAYA," vol. 4, no. 2, 2020.

-
- [6] B. L. Trengginas, H. H. Handayani, and A. R. Juwita, "Rancang Bangun Sistem Parkir Otomatis Pada Kampus UBP Berbasis IoT," 2022, Accessed: May 03, 2025. [Online]. Available: <https://journal.ubpkarawang.ac.id/mahasiswa/index.php/ssj/article/view/449/363>
- [7] S. E. Raharjo, A. Setia Budi, and E. R. Widasari, "Prototipe Sistem Keamanan Parkir berbasis Teknologi RFID," 2022. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [8] M. Nizam, H. Yuana, and Z. Wulansari, "MIKROKONTROLER ESP 32 SEBAGAI ALAT MONITORING PINTU BERBASIS WEB," 2022. Accessed: Apr. 17, 2025. [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/5713>
- [9] H. Pratama, N. Arif, P. Studi Teknik Informatika, U. Islam Makassar, and J. Kemerdekaan Km, "Perancangan Prototype Sistem Keamanan Parkir Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID)."
- [10] A. Imran and M. Rasul, "PENGEMBANGAN TEMPAT SAMPAH PINTAR MENGGUNAKAN ESP32," 2020. Accessed: Apr. 17, 2025. [Online]. Available: <https://journal.unm.ac.id/index.php/mediaelektrik/article/view/5398>
- [11] C. H. Amala *et al.*, "IOT BASED SMART PARKING MANAGEMNET SYSTEM USING RFID TECHNOLOGY," 2020. Accessed: Apr. 17, 2025. [Online]. Available: https://scholar.google.com/scholar?hl=id&as_sdt=0,5&q=IOT+BASED+SMART+PARKING+MANAGEMENT+SYSTEM+USING+RFID+TECHNOLOGY
- [12] F. Setia Nugraha, A. Rosadi, and T. Haryanti, "SISTEM MONITORING PARKIR PEGAWAI MENGGUNAKAN E-KTP BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO (STUDY KASUS PRODI D3 TEKNIK KOMPUTER UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA)," 2021. [Online]. Available: www.servocity.com
- [13] A. R. Pradita and Heru, "Miniatur Pengontrol Pintu, Jendela, dan Pagar Otomatis Berbasis Smartphone Android," 2018, Accessed: Apr. 18, 2025. [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/58529/>
- [14] T. Farah and B. Handaga, "SISTEM KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN SENSOR PASSIVE INFRA RED DAN SENSOR SUHU NON-CONTACT BERBASIS ARDUINO UNO," 2021.
- [15] K. Zuhri and F. Fahurian, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Ruang Parkir Berbasis Arduino Uno," 2023. [Online]. Available: www.netbeans.org/index_id.html
- [16] U. S. Senarath, "Waterfall Methodology, Prototyping and Agile Development," 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.17918.72001.
- [17] I. Kurniawan *et al.*, "Journal of Information System and Computer IMPLEMENTASI METODE PROTOTYPE PADA SISTEM INFORMASI DIGITAL ANGKRINGAN BERBASIS WEB DI KECAMATAN MAYONG," 2023. Accessed: Apr. 18, 2025. [Online]. Available: <https://journal.unisnu.ac.id/JISTER/>
- [18] T. Ilham Hanafi, D. Afriyantari Puspa Putri, and J. A. Yani Pabelan Kartasura, "SISTEM INFORMASI JUAL BELI MOTOR BEKAS BERBASIS APLIKASI MOBILE DI DEALER AMANAH SYARIAH MOTOR."
- [19] S. Siswidiyanto, A. Munif, D. Wijayanti, and E. Haryadi, "Sistem Informasi Penyewaan Rumah Kontrakan Berbasis Web Dengan Menggunakan Metode Prototype," *Jurnal Interkom: Jurnal Publikasi Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 15, no. 1, pp. 18–25, Apr. 2020, doi: 10.35969/interkom.v15i1.64.
- [20] N. Renaningtias and D. Apriliani, "PENERAPAN METODE PROTOTYPE PADA PENGEMBANGAN SISTEM INFORMASI TUGAS AKHIR MAHASISWA," 2021. [Online]. Available: <http://ejournal.unib.ac.id/index.php/rekursif/92>