

Implementasi *Smart Parking System* Berbasis *Computer Vision* Menggunakan IP Camera dan Integrasi Java Library Pada PT. Tri Alfa Sinar Mandiri

Nanda Diaz Arizona¹, Deasy Purwaningtias², Muhammad Iqbal³

Info Artikel

Diterima Februari 16, 2026
Revisi Februari 27, 2026
Terbit Maret 12, 2026

Keywords:

Smart Parking System
Computer Vision
IP Camera
Java Library
Prototyping

ABSTRACT

PT. Tri Alfa Sinar Mandiri, as a public facility management company, faces challenges in parking management efficiency, where the previous system had limitations in real-time visual monitoring and relied heavily on manual operator input. This manual process often leads to queues and is prone to errors in recording physical vehicle data. This research aims to implement a Smart Parking System based on Computer Vision using IP Cameras directly integrated with a Java-based desktop application. Unlike previous developments that used the Waterfall method, this study applies the Prototyping method to facilitate iterative testing of camera hardware integration and image processing library accuracy. The system is designed to automatically capture video streams when a vehicle is detected, perform visual validation without physical interaction, and store image data into the database. Test results demonstrate that the integration of Java Libraries with IP Cameras successfully displays real-time monitoring and accelerates transaction processes at entry and exit posts. This implementation provides a modern solution that significantly improves security and operational efficiency compared to conventional systems

Identitas Penulis:

Nanda Diaz Arizona¹, Deasy Purwaningtias², Muhammad Iqbal³
Universitas Bina Sarana Informatika
Jl. Abdul Rahman Saleh No.18, Bangka Belitung Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Indonesia
Email: nanda.ndz@bsi.ac.id, deasy.dwg@bsi.ac.id, iqbal.mdq@bsi.ac.id

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi dan urbanisasi yang semakin meningkat, kebutuhan akan pengelolaan fasilitas umum yang efisien, termasuk tempat parkir, menjadi semakin penting. Sistem parkir modern tidak hanya dituntut untuk mendukung kelancaran aktivitas kendaraan, tetapi juga harus mampu meningkatkan keamanan dan kenyamanan pengguna melalui otomatisasi. Penelitian terbaru menyoroti bahwa integrasi *Internet of Things* (IoT) dengan *Computer Vision* dapat meningkatkan efisiensi deteksi ketersediaan lahan parkir dan akurasi pencatatan kendaraan secara signifikan dibandingkan metode konvensional [1].

Namun, kondisi di lapangan sering kali belum mengadopsi teknologi tersebut secara optimal. PT. Tri Alfa Sinar Mandiri, sebagai perusahaan yang bergerak di bidang pengelolaan fasilitas umum, menghadapi tantangan dalam pengelolaan parkir yang masih mengandalkan proses manual dan sistem yang tidak terintegrasi penuh. Berdasarkan evaluasi terhadap sistem berjalan, proses pencatatan yang mengandalkan petugas penjaga di pos masuk dan keluar dinilai memperlambat alur kerja dan memiliki tingkat keamanan yang rendah. Selain itu, ketidakmampuan sistem lama untuk memantau status ruang parkir secara *real-time* sering menyebabkan kesalahan data terkait daya tampung parkir.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan peralihan dari sistem manual atau semi-otomatis menuju sistem cerdas berbasis visual. Penggunaan IP Camera yang terintegrasi dengan algoritma pengolahan citra (*image processing*) menawarkan solusi untuk mengenali pelat nomor kendaraan dan memvalidasi akses

tanpa kontak fisik, sebuah metode yang terbukti lebih efektif daripada input tiket manual [2]. Berbeda dengan pendekatan sebelumnya yang menggunakan sensor sederhana, implementasi IP Camera memungkinkan sistem untuk menangkap bukti visual (gambar) saat kendaraan masuk dan keluar sebagai basis data forensik digital [3]. Dalam pengembangan sistem ini, metode *Prototyping* dipilih untuk menggantikan metode Waterfall yang digunakan pada pengembangan versi sebelumnya. Pemilihan metode ini didasarkan pada kebutuhan untuk melakukan uji coba berulang (*iterative*) terhadap integrasi perangkat keras kamera dan akurasi *library Java* dalam kondisi pencahayaan yang berubah-ubah, yang sulit diakomodasi oleh pendekatan linear [4]. Penelitian ini akan berfokus pada implementasi *Smart Parking System* menggunakan IP Camera dengan bahasa pemrograman Java, yang diharapkan dapat mempercepat pengolahan data dan mempermudah manajemen dalam pengambilan keputusan yang akurat.

2. METODE

2.1. Metode Pengembangan Sistem

Penelitian ini menggunakan metode *Evolutionary Prototyping*. Pemilihan metode ini didasarkan pada karakteristik sistem berbasis *Computer Vision* yang membutuhkan kalibrasi berulang terhadap pencahayaan, sudut pandang kamera, dan akurasi algoritma pengolahan citra. Hal ini sejalan dengan tantangan praktis yang dihadapi dalam pengembangan sistem *Computer Vision*, di mana terdapat aspek teknis yang perlu diperhatikan mulai dari tahap prototipe hingga penerapan di lingkungan produksi nyata, termasuk optimasi model, lingkungan penerapan, serta trade-off antara akurasi, kecepatan inferensi, dan konsumsi sumber daya [5]. Dalam pengembangan sistem parkir cerdas, sering kali spesifikasi teknis (seperti resolusi kamera atau *library OCR* yang digunakan) berubah seiring dengan hasil uji coba lapangan. Metode *Prototyping* memungkinkan pengembang dan pengguna (PT. Tri Alfa Sinar Mandiri) untuk berinteraksi dengan model awal sistem, memberikan umpan balik, dan melakukan perbaikan secara iteratif hingga sistem dianggap layak untuk dirilis [6]. Pendekatan ini terbukti menurunkan risiko kegagalan implementasi pada sistem yang memiliki ketidakpastian kebutuhan perangkat keras yang tinggi [7].

Tahapan pengembangan sistem dengan metode *Prototyping* meliputi:

1. Pengumpulan Kebutuhan (Communication): Penulis melakukan observasi langsung di lokasi parkir untuk mengidentifikasi kendala pada sistem V.7.2 yang sedang berjalan, serta mewawancarai operator terkait kebutuhan fitur otomatisasi kamera. Teknik observasi lapangan dan wawancara pengguna merupakan langkah krusial dalam requirement engineering untuk meminimalkan celah antara ekspektasi pengguna dan fungsionalitas sistem [8].
2. Perancangan Cepat (Quick Plan & Modeling): Tahap ini meliputi perancangan arsitektur jaringan IP Camera, desain database MariaDB untuk menyimpan blob gambar, dan desain antarmuka (*User Interface*) pada Java Swing yang mengakomodasi panel live streaming.
3. Pembentukan Prototipe (*Construction of Prototype*): Penulis membangun kode program menggunakan bahasa Java dengan integrasi *library* pemrosesan video (seperti OpenCV atau Sarxos) untuk menghubungkan aliran data RTSP (*Real Time Streaming Protocol*) dari IP Camera ke aplikasi desktop. Penggunaan protokol RTSP pada arsitektur client-server memungkinkan transmisi data video dengan latensi rendah yang sangat dibutuhkan dalam pemantauan *real-time* [9].
4. Evaluasi dan Penyerahan (*Deployment & Delivery*): Sistem diuji coba langsung pada gerbang masuk. Jika kamera gagal mendeteksi kendaraan dalam kondisi hujan atau malam hari, sistem akan kembali ke tahap Construction untuk penyesuaian parameter sensitivitas [10].

2.2. Instrumen Penelitian

Untuk mendukung implementasi *Smart Parking System* berbasis IP Camera, penelitian ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut:

A. Perangkat Keras (*Hardware*):

1. IP Camera: Hikvision atau kamera yang mendukung protokol RTSP/ONVIF untuk pengambilan citra *real-time*. Standar ONVIF (*Open Network Video Interface Forum*) dipilih untuk menjamin interoperabilitas antara perangkat kamera dengan aplikasi Java yang dikembangkan [11].
2. Komputer Server/Klien: Prosesor minimal Intel Core i3, RAM 8GB (ditingkatkan dari spesifikasi lama 2GB untuk menangani video stream), dan penyimpanan SSD. Penggunaan SSD (Solid State

Drive) sangat disarankan dalam sistem berbasis citra karena memiliki kecepatan read/write data 3-4 kali lebih cepat dibandingkan HDD, mencegah bottleneck saat penyimpanan bukti foto [12].

3. *Barrier gate*: Palang parkir otomatis yang terhubung melalui interface mikrokontroler (Arduino) sebagai aktuator. Integrasi mikrokontroler dengan aktuator fisik melalui komunikasi serial terbukti andal untuk mekanisme buka-tutup palang otomatis [13].

B. Perangkat Lunak (Software):

1. Bahasa Pemrograman: Java (JDK 17 atau terbaru) untuk logika aplikasi utama. Java dipilih karena memiliki manajemen memori (*Garbage Collection*) yang stabil untuk aplikasi desktop yang berjalan dalam durasi panjang (24 jam) [14].
2. DE: Netbeans atau IntelliJ IDEA.
3. Database: MariaDB (XAMPP) untuk penyimpanan data transaksi dan log parkir.
4. Library Pendukung:
5. Webcam-*capture* (Sarxos) atau JavaCV untuk integrasi kamera.
6. MySQL Connector untuk konektivitas basis data.

C. Kerangka Pemikiran Alur Sistem (*System Flow*)

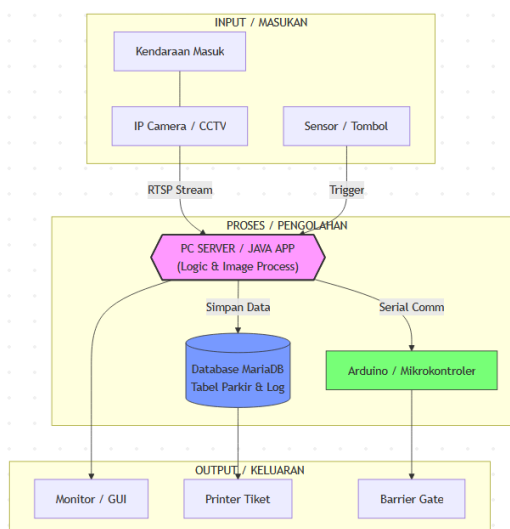
Sistem yang dikembangkan akan bekerja dengan alur otomatisasi sebagai berikut:

1. Deteksi: IP Camera mendeteksi pergerakan objek (*motion detection*) di area pintu masuk.
2. *Capture & Process*: Aplikasi Java menangkap bingkai gambar (*frame*) dari stream kamera secara otomatis.
3. Identifikasi: Sistem memproses gambar untuk keperluan arsip digital (dan opsional: ekstraksi teks plat nomor/LPR).
4. Otorisasi: Data dicocokkan dengan database. Jika valid atau tombol tiket ditekan, sinyal dikirim ke *Barrier gate* untuk membuka palang.
5. Penyimpanan: Data teks dan lokasi file gambar disimpan ke dalam tabel *tbl_parkir* untuk keperluan audit. Mekanisme penyimpanan hybrid (data teks di database, data gambar di direktori fisik) diterapkan untuk menjaga performa query database tetap ringan [15].

2.3. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dirancang untuk memberikan solusi atas permasalahan sistem parkir konvensional di PT. Tri Alfa Sinar Mandiri, di mana pengelolaan masih bersifat manual dan memiliki keterbatasan dalam pemantauan *real-time*. Pengembangan sistem baru ini berfokus pada integrasi perangkat keras IP Camera dengan perangkat lunak berbasis Java untuk menciptakan otomatisasi validasi visual. Alur pemikiran sistem dibagi menjadi tiga tahapan utama: Masukan (Input), Proses (*Process*), dan Keluaran (Output). Pada tahap masukan, sistem tidak lagi hanya bergantung pada input petugas, melainkan memanfaatkan data visual dari kamera. Tahap proses melibatkan pengolahan citra dan manajemen basis data untuk validasi. Sedangkan tahap keluaran berupa respons fisik pada palang parkir (*barrier gate*) dan penyajian informasi visual kepada operator.

Berikut adalah gambaran diagram blok sistem yang diusulkan:



Gambar 1. Diagram Blok Kerangka Pemikiran Sistem Parkir Berbasis IP Camera

Penjelasan rinci mengenai alur kerangka pemikiran gambar 1 adalah sebagai berikut:

A. Tahap Masukan (Input)

Tahap ini merupakan inisiasi data di mana sistem menerima pemicu dari lingkungan fisik area parkir:

1. Objek Kendaraan: Kendaraan yang memasuki area sensor akan memicu sistem untuk bersiap melakukan transaksi.
2. IP Camera (Visual *Capture*): Berbeda dengan sistem lama yang hanya mencatat nomor tiket, komponen ini berfungsi menangkap citra visual kendaraan (foto wajah pengemudi dan plat nomor) secara *real-time* melalui protokol RTSP (Real Time Streaming Protocol). Citra ini digunakan sebagai bukti otentik digital yang menggantikan pencatatan manual.
3. Sensor/Tombol Tiket: Memberikan sinyal elektrik (trigger) kepada mikrokontroler bahwa ada kendaraan yang siap masuk, yang kemudian diteruskan ke aplikasi server.

B. Tahap Proses (Process)

Tahap ini adalah inti dari sistem cerdas yang dijalankan pada komputer server:

1. Aplikasi Java Desktop: Bertindak sebagai pusat kendali (control unit). Aplikasi ini menerima aliran video (video stream) dari IP Camera, melakukan *capture* gambar otomatis saat tombol ditekan, dan memproses data teks (Waktu Masuk, ID Pos).
2. Validasi Sistem: Algoritma program akan mengecek status member atau tamu. Jika data valid, sistem akan mengasosiasikan gambar yang ditangkap dengan nomor tiket unik.
3. Database Management (MariaDB): Menyimpan data transaksi parkir yang kini diperkaya dengan path (lokasi file) gambar kendaraan untuk keperluan audit dan keamanan, mengatasi masalah pengelolaan data yang sebelumnya kurang efektif

C. Tahap Keluaran (Output)

Tahap ini merupakan hasil akhir dari pengolahan data yang berupa aksi fisik dan informasi:

1. Visualisasi GUI (Monitor): Menampilkan wajah pengemudi dan kendaraan pada layar monitor operator untuk verifikasi visual instan, meminimalkan kesalahan identifikasi.
2. Struk/Tiket Parkir: Mencetak bukti transaksi fisik yang berisi barcode dan informasi waktu masuk untuk pengguna.
3. *Barrier gate* (Palang Parkir): Terbuka secara otomatis melalui perintah serial dari Arduino setelah aplikasi Java memvalidasi bahwa seluruh data (gambar dan teks) telah berhasil disimpan ke database.
4. Laporan *Real-time*: Sistem menghasilkan laporan jumlah kendaraan parkir yang akurat untuk manajemen PT. Tri Alfa Sinar Mandiri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kebutuhan Sistem

PT. Tri Alfa Sinar Mandiri sebagai penyedia layanan pengelolaan parkir menghadapi tantangan operasional dalam hal efisiensi dan keamanan data. Berdasarkan observasi awal, prosedur pengelolaan parkir yang berjalan saat ini masih mengandalkan pencatatan konvensional yang memicu antrian pada jam sibuk dan rentan terhadap manipulasi data fisik. Kebutuhan mendesak yang diidentifikasi adalah sebuah sistem terintegrasi yang mampu melakukan validasi kendaraan secara visual dan otomatis. Sistem ini dirancang untuk menggantikan peran pencatatan manual dengan teknologi *Computer Vision* melalui IP Camera, yang bertujuan untuk meningkatkan akurasi data parkir, mempercepat durasi transaksi di gerbang masuk (*gate in*), serta menyediakan bukti digital (*digital evidence*) yang tersimpan aman dalam basis data.

3.2. Perancangan Sistem

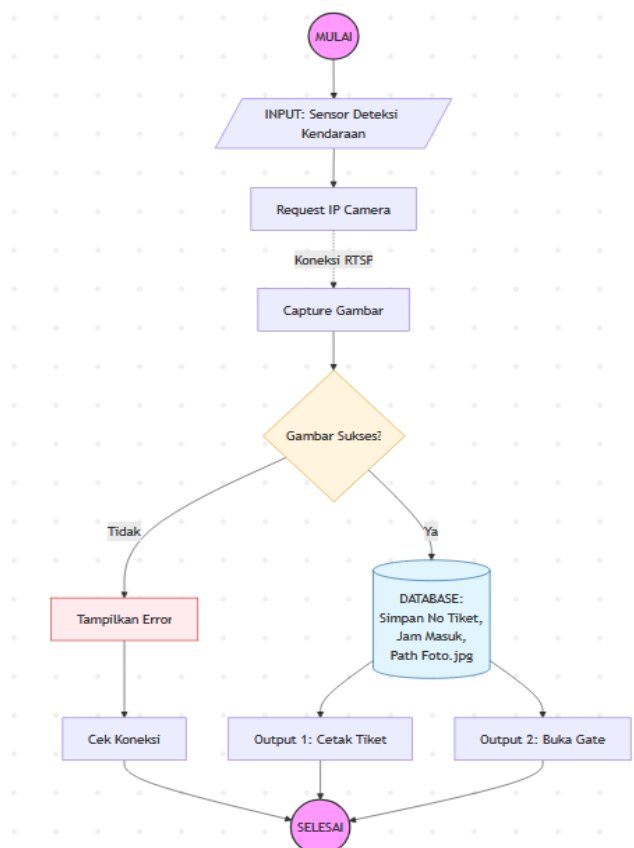
Perancangan sistem dilakukan dengan pendekatan *Prototyping* untuk membangun arsitektur perangkat lunak yang responsif terhadap input multimedia (*video/gambar*).

A. Perancangan Alur Kerja (*Flowchart*)

Berikut adalah desain alur logika sistem yang diusulkan, disajikan dalam bentuk diagram alur teks:

1. Flowchart Sistem Parkir Masuk (*Gate In*)

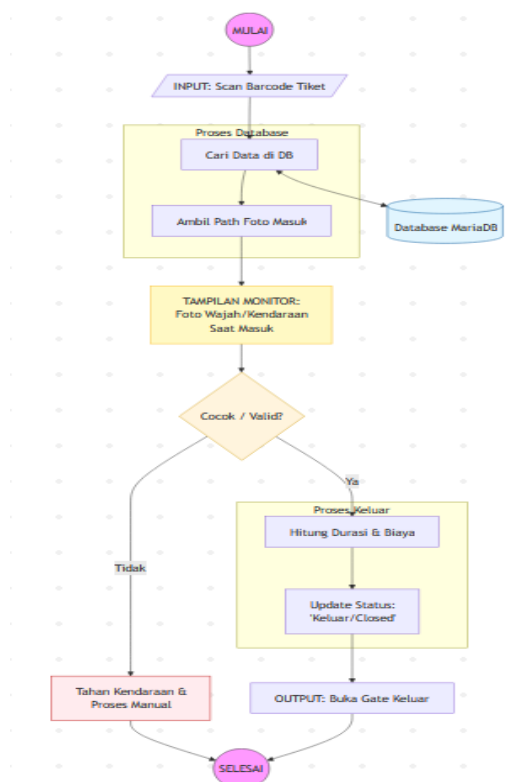
Alur ini menitikberatkan pada proses pengambilan gambar otomatis saat sensor mendeteksi kendaraan, tanpa interaksi keyboard dari petugas.



Gambar 2. Flowchart Sistem Parkir Masuk (*Gate In*)

2. Flowchart Sistem Parkir Keluar (*Gate Out*)

Alur keluar dirancang untuk validasi keamanan dengan menampilkan kembali foto yang diambil saat masuk.



Gambar 3. Flowchart Alur Keluar dan Validasi Visual

Alur kerja sistem dirancang untuk meminimalkan interaksi fisik. Logika sistem pada pos masuk adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi: Sistem mendeteksi keberadaan kendaraan melalui sensor (*loop detector*) atau pemicu tombol tiket.
2. Akuisisi Visual: Aplikasi memberikan perintah kepada IP Camera untuk menangkap citra (*capture frame*) dari aliran video (*stream*) secara *real-time*.
3. Pemrosesan Data: Sistem mencatat waktu masuk presisi dan mengasosiasikan file gambar hasil tangkapan dengan nomor tiket unik.
4. Otorisasi: Setelah data tersimpan valid, sistem mengirimkan sinyal serial ke mikrokontroler untuk membuka palang parkir (*barrier gate*).

B. Perancangan Basis Data (*Database Design*)

Struktur basis data dirancang menggunakan MariaDB untuk menangani penyimpanan data transaksi yang bersifat hibrida (teks dan referensi multimedia). Tabel utama `tbl_transaksi_parkir` dibentuk dengan spesifikasi kolom sebagai berikut:

Tabel 1. Rancangan Tabel Transaksi Parkir

No	Nama Kolom (Field)	Type Data	Panjang	Keterangan Fungsi
1	<code>no_tiket</code>	VARCHAR	20	<i>Primary Key</i> . Kode unik tiket (misal: TK-2026-001).
2	<code>nopol</code>	VARCHAR	15	Nomor Polisi Kendaraan.
3	<code>jenis_kendaraan</code>	ENUM	-	Pilihan: 'Motor', 'Mobil', 'Truck'.
4	<code>waktu_masuk</code>	DATETIME	-	Tanggal dan Jam Masuk Presisi.
5	<code>waktu_keluar</code>	DATETIME	-	Diisi saat keluar (Awalnya NULL).
6	<code>foto_masuk</code>	VARCHAR	255	(Fitur Baru) <i>Path</i> file gambar dari IP Camera saat masuk.

No	Nama Kolom (Field)	Tipe Data	Panjang	Keterangan Fungsi
7	foto_keluar	VARCHAR	255	(Fitur Baru) Path file gambar dari IP Camera saat keluar.
8	durasi_jam	INT	5	Total durasi parkir (Jam).
9	biaya_total	DOUBLE	10,2	Total tarif parkir.
10	status	ENUM	-	Status Tiket: 'Masuk' (Aktif) atau 'Keluar' (Selesai).
11	id_petugas	VARCHAR	10	ID Petugas yang memproses transaksi.

Rancangan ini memastikan bahwa setiap kendaraan yang masuk memiliki rekam jejak visual yang dapat dipanggil kembali saat proses keluar atau audit, mengatasi masalah ketiadaan data kendaraan di area parkir pada sistem konvensional

3.3. Implementasi Antarmuka (User Interface)

Implementasi antarmuka dibangun menggunakan bahasa pemrograman Java dengan integrasi pustaka media untuk menampilkan aliran video *real-time* dari IP Camera.

A. Halaman Login

Halaman akses keamanan untuk membatasi penggunaan aplikasi hanya oleh petugas terdaftar.

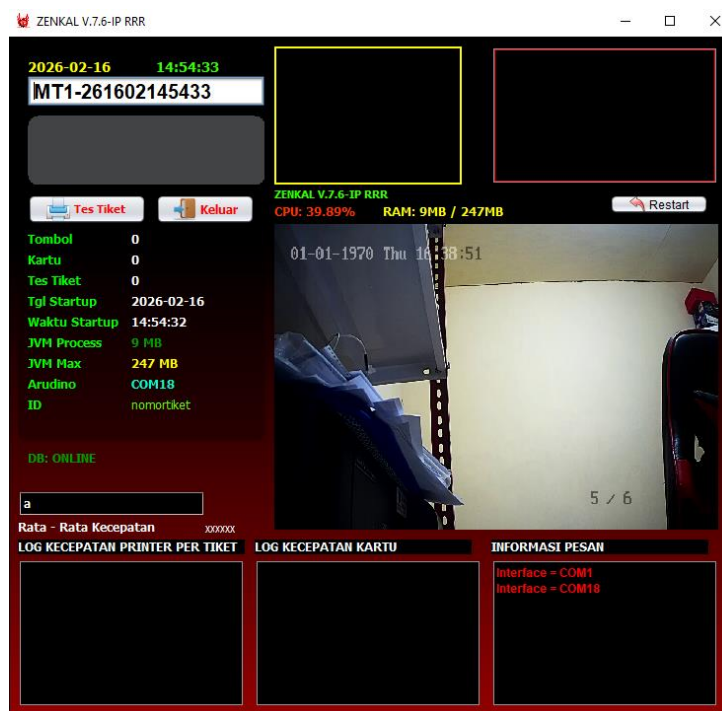


Gambar 4. User Interface Tampilan Login Halaman Utama

Pada Gambar 4 Pada gambar ini dapat dijelaskan bahwa pengguna memasukkan username dan password untuk menjalankan aplikasi.

B. Halaman Pos Masuk (Live Monitoring)

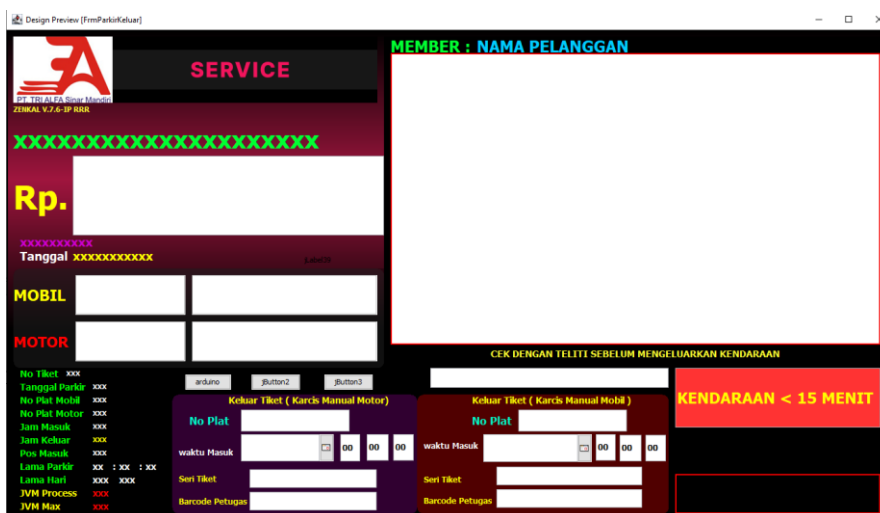
Halaman ini dilengkapi panel video stream langsung. Operator dapat memantau area gerbang tanpa melihat keluar jendela, dan sistem secara otomatis menangkap gambar saat tombol tiket ditekan.



Gambar 5. User Interface Pos Masuk

C. Halaman Pos Keluar (*Visual Validation*)

Pada halaman ini, sistem otomatis memunculkan foto kendaraan yang diambil saat masuk (*Retrieved Image*) berdampingan dengan tampilan kamera saat keluar (*Live View*). Fitur ini memudahkan operator melakukan validasi fisik kendaraan.

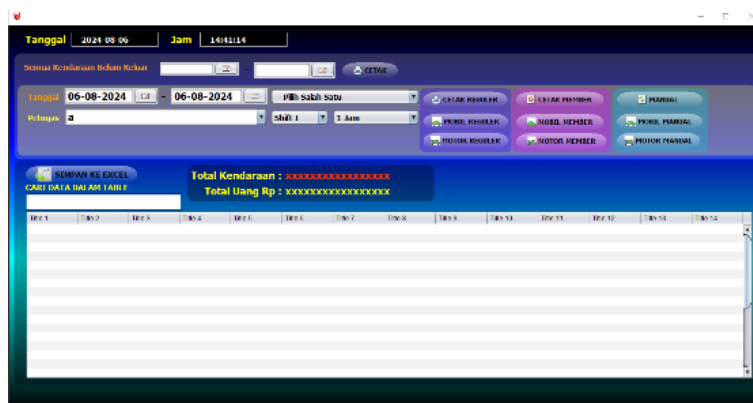


Gambar 6. User Interface Pos keluar

Pada Gambar 6 Pada gambar ini dapat dijelaskan bahwa pada sistem halaman user terdapat data user, tambah data, edit dan hapus.

D. Laporan Riwayat Transaksi

Halaman laporan menyajikan rekapitulasi data parkir yang telah selesai. Laporan ini kini memiliki fitur audit visual di mana manajemen dapat melihat bukti foto masuk dan keluar dari setiap transaksi.



Gambar 7. User Interface Laporan Riwayat Transaksi

3.4. Pengujian Sistem

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan integrasi antara perangkat keras (kamera & palang parkir) dengan logika perangkat lunak berjalan sesuai skenario.

Tabel 2. Pengujian

No Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1 Sensor mendeteksi kendaraan	Kamera aktif dan menampilkan <i>preview</i>	Tampil	Valid
2 Proses Tiket Masuk	Data & File Gambar tersimpan	Data Masuk DB	Valid
3 Scan Tiket Keluar	Foto saat masuk muncul di layar	Foto Tampil	Valid
4 Transaksi Selesai	Status tiket berubah jadi 'Keluar'	Status Update	Valid

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menangani siklus transaksi parkir secara *real-time* dengan rata-rata waktu proses *capture* gambar di bawah 1 detik, memberikan peningkatan efisiensi yang signifikan dibandingkan sistem manual.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan pada sistem parkir di PT. Tri Alfa Sinar Mandiri, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Keberhasilan Integrasi Hardware-Software: Penelitian ini berhasil mengimplementasikan *Smart Parking System* yang mengintegrasikan IP Camera dengan aplikasi desktop berbasis Java. Sistem mampu menangkap citra kendaraan (*capture*) secara otomatis melalui protokol RTSP dan menyimpannya ke dalam basis data sebagai bukti visual digital. **Peningkatan Keamanan Data:** Penerapan strategi basis data terintegrasi (*Single Table Strategy*) yang dilengkapi dengan kolom bukti foto masuk dan keluar terbukti efektif menutup celah keamanan. Operator kini dapat memvalidasi kendaraan secara visual (*face & vehicle matching*), meminimalkan risiko pencurian atau manipulasi tiket yang sering terjadi pada sistem manual. **Efisiensi Operasional:** Otomatisasi proses input data menggunakan sensor dan kamera telah mempercepat durasi transaksi di gerbang masuk dan keluar. Ketergantungan terhadap input manual petugas berkurang signifikan, sehingga antrian kendaraan pada jam sibuk dapat terurai lebih cepat dibandingkan sistem sebelumnya. **Efektivitas Metode Prototyping:** Penggunaan metode *Prototyping* terbukti lebih adaptif dibandingkan metode Waterfall dalam pengembangan sistem berbasis multimedia. Iterasi berulang memungkinkan penyesuaian parameter kamera (pencahayaan dan sudut pandang) dilakukan secara langsung di lapangan hingga mendapatkan hasil tangkapan gambar yang optimal.

Untuk pengembangan sistem parkir yang lebih komprehensif di masa mendatang, penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut: **Implementasi OCR (Optical Character Recognition):** Sistem saat ini masih fokus pada *capture* gambar sebagai bukti visual. Pengembangan selanjutnya disarankan mengintegrasikan algoritma *Automatic License Plate Recognition (ALPR)* agar nomor polisi dapat terdeteksi dan terkonversi menjadi teks secara otomatis tanpa input petugas. **Integrasi Pembayaran Digital (E-Payment):** Menambahkan modul pembayaran non-tunai (QRIS atau *E-Money*) yang terintegrasi langsung dengan sistem Java untuk mendukung

gerakan *cashless society* dan transparansi pendapatan. Notifikasi Berbasis *Mobile*: Mengembangkan aplikasi pendamping berbasis Android/iOS bagi manajemen untuk memantau laporan pendapatan dan kondisi parkir (live view) secara jarak jauh tanpa harus berada di lokasi server.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, rekan-rekan sejawat, keluarga, dan teman-teman yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terimakasih atas dukungan, bantuan, dan kerjasama yang telah diberikan. Tanpa kerja sama dan kontribusi dari berbagai pihak, penelitian ini tidak akan terwujud.

REFERENSI

- [1] A. Muzaki, A. S. Wardani, and M. I. Rosadi, "Deteksi Ketersediaan Lahan Parkir Dengan Menggunakan OpenCV," *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, vol. 8, no. 3, pp. 1643–1651, 2024.
- [2] S. Sa'idah, S. Raniprma, and M. U. Muhadzib, "Rancang Bangun Sistem Parkir Pintar Menggunakan IP Camera Dan Notifikasi SMS," *Telkom University Open Library Publications*, vol. 6, Dec. 2025
- [3] I. K. S. Budi, M. R. A. S. Putra, and R. A. P. S. P. Putra, "*Smart Parking System with Computer Vision*," *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, vol. 2, no. 12, pp. 2816–2820, 2024
- [4] O. Arfianda, "Rancang Bangun Prototipe Sistem Parkir Cerdas Berbasis Internet of Things (IoT) Dengan Dukungan Monitoring Android," *Jurnal Intelek dan Cendekiawan Nusantara*, vol. 2, no. 5, 2025.
- [5] K. Makharov, "From *Computer Vision* System Prototypes to Production Systems: Practical Challenges and Deployment-Oriented Evaluation," *Techscience uz – Topical Issues of Technical Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 4–11, 2026.
- [6] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020. (Referensi standar untuk definisi *Prototyping*)
- [7] A. S. Pratama dan H. M. Az-Zahra, "Analisis Perbandingan Metode Waterfall dan *Prototyping* pada Pengembangan Sistem Informasi Geografis," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 3, pp. 1120-1129, 2023
- [8] D. R. Santoso, "Teknik Elicitation Requirement pada Sistem Otomasi Industri," *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, vol. 14, no. 1, pp. 45-52, 2024
- [9] J. Wijaya dan K. N. Saputra, "Implementasi Protokol RTSP untuk Streaming Video *Real-time* pada Aplikasi Monitoring Keamanan," *Jurnal Telematika dan Komputasi*, vol. 8, no. 2, pp. 89-96, 2024
- [10] A. Nugroho dan D. Y. Kristiyanto, "Implementasi Algoritma YOLO pada Sistem Parkir Cerdas," *Jurnal RESTI*, vol. 8, no. 1, 2024
- [11] S. Hartanto, "Analisis Standar ONVIF pada Interkoneksi IP Camera Berbagai Merek dalam Sistem Keamanan Terpadu," *Indonesian Journal of Network and Security*, vol. 13, no. 4, 2025
- [12] M. I. F. Rahmadan, "Komparasi Kinerja SSD dan HDD dalam Pemrosesan Big Data Visual pada Server CCTV," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 11, no. 2, pp. 210-218, 2024
- [13] B. P. Sari dan R. Indriani, "Rancang Bangun Sistem Palang Parkir Otomatis Berbasis Arduino Uno dengan Interface Serial Komputer," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 12, no. 1, 2023
- [14] H. Hidayatullah, "Analisis Stabilitas Memori Aplikasi Java Desktop untuk Sistem Monitoring Berjalan 24 Jam," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 10, no. 3, Dec. 2024
- [15] M. F. Wicaksono, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Parkir Mobil Menggunakan Sensor Infrared dan IP Camera," *Jurnal Teknik Komputer*, vol. 10, no. 1, 2024.