

## **Gerbang Parkir Otomatis Berbasis QR Code yang Terintegrasi dengan Database Mysql dan Website pada Area Parkir Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Hendra Wibawa<sup>1</sup>, Mohammad Nasrul Mubin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Indonesia

<sup>2</sup> Email korespondensi: hendra.w9f@gmail.com

**Abstrak.** Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) menggunakan sistem parkir konvensional dengan pemeriksaan STNK secara manual, yang berpotensi menyebabkan kehilangan STNK. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem Gerbang Parkir Otomatis berbasis QR Code yang terintegrasi dengan *database* MySQL dan *website*. Sistem dikendalikan oleh laptop dengan tiga kamera, dua untuk membaca QR Code pada KTM mahasiswa dan kendaraan, serta satu untuk mengambil foto mahasiswa sebagai langkah keamanan tambahan. Gerbang akan terbuka jika kedua QR Code valid dan sesuai data di *database*. Kendali gerbang dikendalikan oleh Arduino Nano melalui perintah serial dan sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD). *Website* berfungsi sebagai antarmuka pengelolaan dan monitoring data parkir bagi admin dan mahasiswa. Metode yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) melalui tahapan perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan, *website* berfungsi optimal dengan tingkat keberhasilan 100%. QR Code terbaca efektif pada jarak 10-45 cm dengan waktu respon  $\pm 32-42$  ms, namun menurun di atas 50 cm. Posisi QR Code berpengaruh, sudut  $\pm 90^\circ$  kurang optimal untuk ketinggian 75 cm. Pada Analisis performa pengujian sensor VLD dan efektifitas deteksi terhadap pengaruh cahaya menunjukkan *accuracy*, *precision*, *sensitivity*, dan *specificity* sebesar 100%, sedangkan pengujian respon gerbang terhadap perintah serial memiliki *accuracy* 95%, *precision* 100%, *sensitivity* 90%, dan *specificity* 100%.

**Kata kunci:** Gerbang parkir otomatis; QR Code; MySQL; verifikasi 2 QR Code; sensor VLD



## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi memberikan dampak yang signifikan di berbagai aspek kehidupan terutama keamanan. Keamanan menjadi aspek penting dalam kehidupan sehari-hari, termasuk di fasilitas umum. Kemajuan teknologi mendorong inovasi sistem keamanan, salah satunya gerbang parkir otomatis. Sistem gerbang parkir otomatis tidak hanya meningkatkan pengawasan, tetapi juga membantu dalam mengelola akses kendaraan dengan lebih cepat dan tepat.

Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) memiliki lebih dari lima area parkir yang tersebar di beberapa lokasi. Keamanan parkir menjadi aspek penting karena merupakan fasilitas krusial. Sistem parkir UMS masih bersifat konvensional, dengan pemeriksaan Surat Tanda Nomor Kendaraan (STNK) secara manual saat keluar, sehingga meningkatkan risiko kehilangan STNK dan lemahnya pengawasan kendaraan maupun pengendara.

Berdasarkan hasil wawancara pada tanggal 15 Februari 2025 dengan salah satu petugas pengelola parkir Fakultas Ekonomi dan Bisnis (FEB), Ariyadi Agung Wibowo menyebutkan bahwa jumlah kasus STNK tertinggal atau jatuh nilainya cukup banyak, pada area parkir FEB per tanggal 14 Februari 2025 terdapat 6 STNK jatuh atau tertinggal, ditambah beberapa area parkir lain di UMS.

STNK merupakan dokumen penting yang membuktikan legalitas kendaraan bermotor. Sesuai dengan Perpol No. 7 Tahun 2021 Pasal 10, STNK berfungsi sebagai bukti legitimasi pengoperasian kendaraan yang diterbitkan oleh Polri, berisi identitas pemilik, identitas kendaraan, serta masa berlaku dan pengesahannya[1]. Selain itu, STNK juga diperlukan untuk pembayaran pajak, asuransi, dan transaksi jual beli. Lebih lanjut UU No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan mengatur bahwa setiap pengendara wajib membawa STNK saat berkendara. Jika tidak, pengendara dapat dikenakan sanksi berupa pidana kurungan paling lama dua bulan atau denda paling banyak Rp500.000 [2].

Sebagai dokumen resmi legalitas kendaraan, STNK wajib diganti jika hilang melalui prosedur yang telah ditetapkan. Pengurusan melibatkan sejumlah tahapan dan pembayaran biaya penerbitan sesuai regulasi yang berlaku. Biaya ini diatur dalam PP No. 60 Tahun 2016 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Kepolisian Negara Republik Indonesia, di mana biaya penerbitan STNK untuk kendaraan roda dua atau tiga sebesar Rp100.000, dan untuk kendaraan roda empat atau lebih sebesar Rp200.000 [3].

Dari permasalahan tersebut diperlukan sebuah alat yang dapat menyelesaikan masalah-masalah tersebut, pengembangan sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code (*Quick Response Code*) dinilai tepat dan efektif. QR Code dapat memberikan



keuntungan dari segi biaya dibandingkan dengan teknologi sejenis seperti RFID (*Radio Frequency Identification*). QR Code juga memiliki kemampuan pengkodean berkapasitas tinggi, kemampuan mengoreksi kesalahan pembacaan, dan keterbacaan dari segala arah[4].

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem parkir otomatis menggunakan berbagai metode, antara lain *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) [5], serta *face recognition* dengan metode *Local Binary Patterns Histogram* (LBPH)[6]. Selain itu, terdapat pula penelitian yang mengangkat sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code. Namun, perbedaan utama antara penelitian terdahulu terletak pada mekanisme verifikasi identitas pengguna dan kendaraan. Studi sebelumnya hanya QR Code identitas yang digunakan untuk akses pada pintu parkir [7] dan QR Code hanya sebagai media inputan identitas berbasis web [8], maka dapat disimpulkan bahwa hanya menggunakan satu QR Code sebagai identitas pengguna untuk membuka palang parkir. Sementara itu, sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini menerapkan dua QR Code terpisah, yaitu memverifikasi dua QR Code, yaitu QR Code KTM mahasiswa dan QR Code kendaraan untuk validasi akses keluar, akses keluar diberikan jika kedua QR Code tersebut sinkron sesuai data mahasiswa di database MySQL. Verifikasi ganda ini meningkatkan tingkat keamanan dengan mencegah penggunaan QR Code yang tidak sesuai antara pemilik dan kendaraan. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan aplikasi berbasis website yang dapat diakses admin dan pengguna.

Sistem Gerbang Parkir Otomatis Berbasis QR Code di Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS) memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi, integrasi, dan keamanan pengelolaan parkir. Sistem ini mampu mengurangi potensi kehilangan STNK serta meningkatkan pengawasan terhadap kendaraan dan pengemudi. Selain itu, *website* yang terhubung langsung dengan *database* memungkinkan proses monitoring dan manajemen parkir dilakukan secara *real-time*, sehingga mempermudah baik mahasiswa maupun pengelola dalam mengakses dan mengelola data parkir. Implementasi sistem ini juga mendorong terwujudnya lingkungan kampus yang modern, efektif, dan ramah pengguna.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada perancangan, pengembangan, dan pengujian sistem Gerbang Parkir Otomatis Berbasis QR Code. Sistem ini dirancang terintegrasi dengan database MySQL dan website sebagai antarmuka pengelolaan. Pengujian dilakukan di area parkir kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk mengevaluasi kinerja sistem secara langsung.



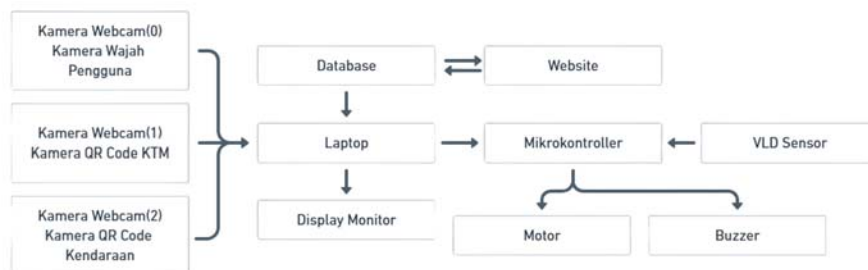
## Tahap Penelitian

Dalam penelitian gerbang parkir otomatis berbasis QR Code yang terintegrasi *database* MySQL dan website terdapat beberapa tahap yang dikerjakan. Tahapan penelitian dalam penelitian ini dijelaskan secara sistematis agar mudah dipahami. Proses ini mencakup studi literatur, perancangan sistem, perancangan alat, pembuatan sistem, perakitan alat, pengujian sistem dan alat, dan pembuatan laporan. Setiap tahap dijabarkan secara runtut untuk memastikan bahwa proses penelitian sesuai dengan tujuan penelitian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Diagram Alir Penelitian

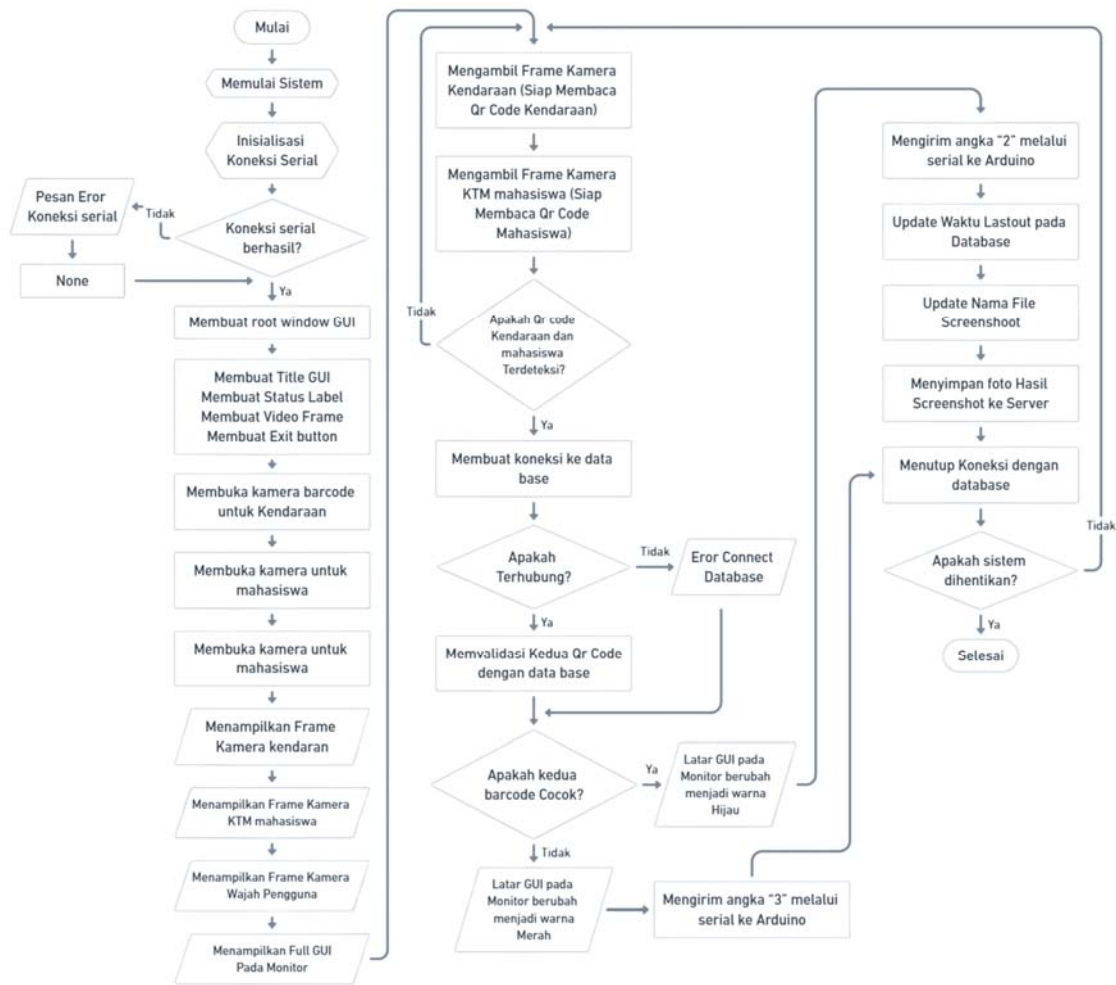
## Rancangan Sistem



**Gambar 2.** Blok Diagram Sistem

Blok diagram pada Gambar 2 menggambarkan sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code. Data dari QR Code pengguna dan kendaraan akan divalidasi dengan *database* yang dikelola melalui website. Proses validasi ini dapat dipantau melalui GUI (*Graphical User Interface*) pada monitor yang tersedia. Jika data sesuai, laptop mengirimkan perintah ke mikrokontroler untuk mengaktifkan motor servo yang akan membuka kemudian menutup gerbang secara otomatis ketika kendaraan sudah melewati sensor VLD (*Vehicle Loop Detector*).

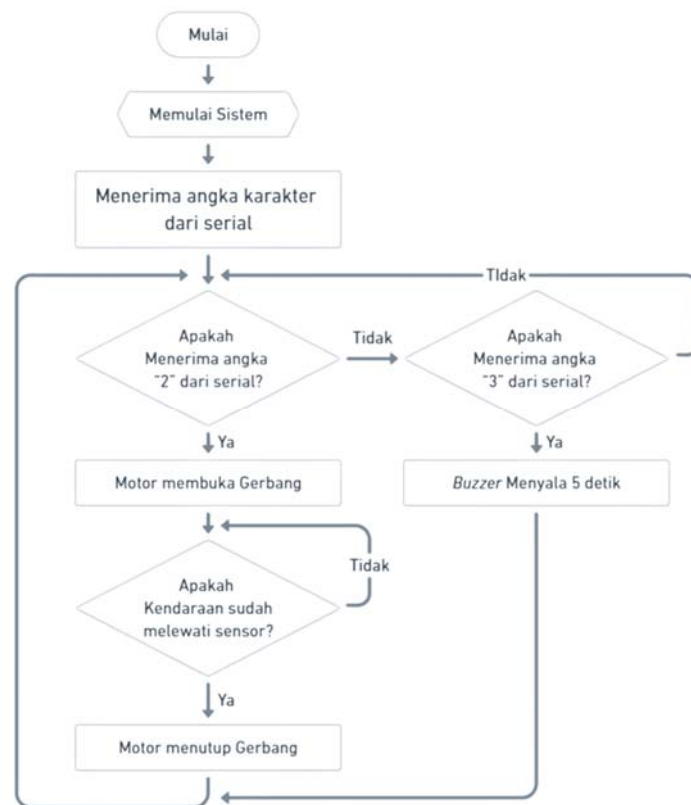




**Gambar 3.** Diagram Alir Sistem Gerbang Parkir

Pada Gambar 3 adalah gambaran diagram alir sistem gerbang parkir otomatis, sistem akan dimulai dari inisialisasi koneksi serial dan pembuatan GUI, kemudian kamera webcam akan menangkap serta membaca QR Code kendaraan dan QR Code KTM mahasiswa. Setelah kedua QR Code berhasil terdeteksi, sistem mencocokkan data dengan yang ada di *database*. Jika data cocok, GUI pada monitor akan menampilkan informasi kepada pengguna berupa latar GUI berubah menjadi warna hijau, lalu sistem mengirim angka '2' ke mikrokontroler sebagai perintah untuk membuka gerbang, kemudian sistem mengambil *screenshot* wajah pengguna, dan memperbarui waktu *Last Out* dalam *database*. Sistem ini akan terus berjalan hingga ada perintah untuk dihentikan.



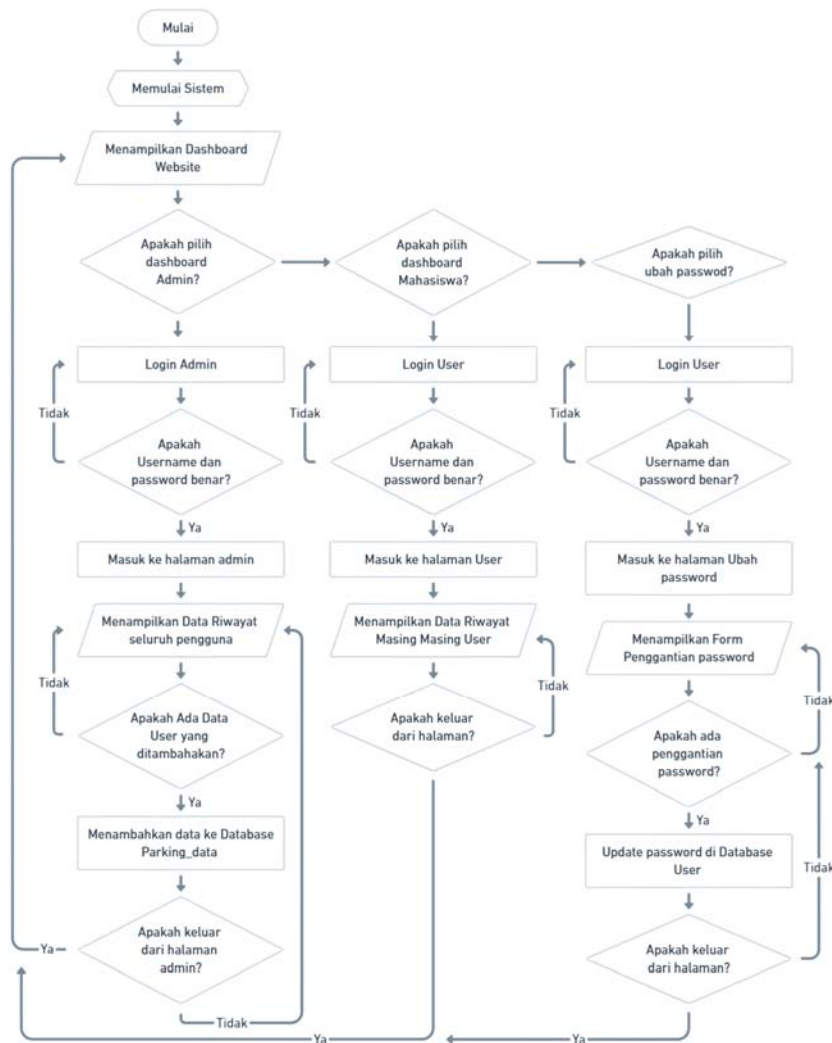


**Gambar 4.** Diagram Alir Mikrokontroller Arduino

Pada Gambar 4 adalah diagram alir mikrokontroller Arduino yang menggambarkan proses kerja sistem pembukaan gerbang otomatis yang dikendalikan melalui komunikasi serial. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem, di mana perangkat menunggu menerima angka dari komunikasi serial. Jika angka '2' diterima, sistem akan mengaktifkan motor untuk membuka gerbang. Setelah gerbang terbuka, sistem memeriksa apakah kendaraan telah melewati sensor. Jika kendaraan belum melewati sensor, sistem akan terus menunggu. Namun, jika kendaraan terdeteksi telah melewati sensor, motor akan diaktifkan kembali untuk menutup gerbang. Proses ini memastikan bahwa gerbang hanya terbuka saat menerima perintah dan akan menutup secara otomatis setelah kendaraan melewati sensor.

Pada Gambar 5 adalah diagram alir pengelolaan *database* berbasis website, pada diagram di atas menggambarkan proses *login* yang terdiri dari dua jenis, yaitu admin dan *user*. Proses dimulai dengan menampilkan *dashboard website*. Apabila *login* sebagai admin, sistem akan memeriksa kebenaran *username* dan *password* yang dimasukkan. Jika benar, admin diarahkan ke halaman admin, pada halaman tersebut dapat melihat riwayat seluruh pengguna dan dapat menambahkan data pengguna baru ke dalam *database*.



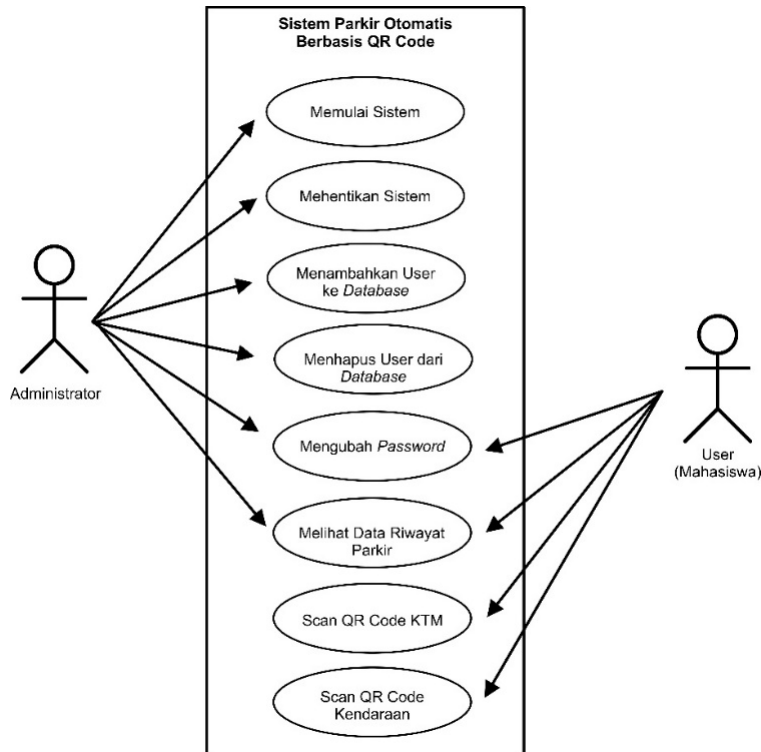


**Gambar 5.** Diagram Alir Website

Sementara itu, apabila *login* sebagai *user*, sistem juga akan memeriksa kebenaran *username* dan *password* yang dimasukkan. Jika benar, *user* akan diarahkan ke halaman *user*, pada halaman tersebut masing-masing *user* dapat melihat riwayat parkirnya sendiri. Selain itu, *user* memiliki opsi untuk mengganti *password*. Jika ada permintaan perubahan *password*, sistem akan memperbarui *password* di *database*. Jika tidak, sistem tetap menampilkan data seperti biasa.



## Use Case Diagram



**Gambar 6.** Use Case Diagram

*Use case* diagram pada Gambar 6 menggambarkan interaksi antara dua aktor, yaitu Administrator dan *User* (Mahasiswa), dengan sistem Parkir Otomatis Berbasis QR Code. Administrator memiliki akses penuh untuk mengelola sistem, termasuk memulai dan menghentikan sistem, menambahkan atau menghapus *user* dari *database*, mengubah *password*, serta melihat data riwayat parkir. Sementara itu, *User* (Mahasiswa) dapat mengubah *password*, melihat riwayat parkir, serta melakukan pemindaian QR Code pada KTM dan kendaraan sebagai bagian dari proses verifikasi saat masuk atau keluar area parkir. Diagram ini menunjukkan perbedaan hak akses dan peran masing-masing aktor dalam penggunaan sistem parkir otomatis.

### *User Scenario*

Admin dapat memulai sistem dengan menjalankan program utama sistem parkir. Selama sistem berjalan, seluruh proses otomatisasi parkir akan aktif dan dipantau melalui GUI. Untuk menghentikan sistem, admin cukup menekan tombol *Exit* pada tampilan GUI.

Admin dapat mengakses menu “*Dashboard Admin*” untuk mengakses beberapa fitur. Fitur pertama adalah admin dapat menambahkan data mahasiswa baru ke dalam



*database* sistem, dengan memasukkan NIM pada *form* tambah data parkir. Fitur kedua adalah admin dapat menghapus data mahasiswa di *database* sistem, dengan klik tombol hapus. Fitur ketiga adalah admin dapat melakukan perubahan *password* pada akun mahasiswa, dengan klik tombol kirim email, maka *password* akan terganti secara *default* dan akan ada email masuk. Admin juga dapat melihat seluruh riwayat parkir yang terjadi dalam sistem, baik dari satu *user* tertentu maupun secara keseluruhan, pada halaman ini admin dapat memfilter data berdasarkan tanggal, NIM, status masuk/keluar, dan melihat histori aktivitas parkir yang terekam otomatis oleh sistem.

*User*(mahasiswa) yang belum terdaftar di sistem parkir otomatis, dapat mendaftarkan diri ke admin. Admin akan menambahkan data mahasiswa dan kendaraan ke dalam sistem. Setelah pendaftaran berhasil, sistem secara otomatis akan mengirimkan email ke alamat email student (nim@student.ums.ac.id). Pastikan untuk mengecek folder *Inbox* atau *Spam* di *Gmail* untuk melihat notifikasi dan file yang dikirimkan. Email tersebut berisi *username* dan *password* akun.

*User*(mahasiswa) dapat mengkases menu “*Dashboard Mahasiswa*” dengan login menggunakan akun yang telah didapatkan sebelumnya. Pada halaman dashoard ini menyediakan informasi lengkap mengenai data riwayat parkir, termasuk waktu keluar terakhir (*last out*) dan foto wajah saat proses verifikasi. Pada halaman dashoard ini juga terdapat QR Code kendaraan yang dapat diunduh dan digunakan saat keluar dari area parkir. QR Code yang didapatkan dari hasil mengunduh secara mandiri pada dashboard mahasiswa dicetak dengan ukuran 5x5cm dan ditempel di plat motor oleh *user*(mahasiswa) secara mandiri.

*User*(mahasiswa) dapat mengkases menu “*Ubah Password*” menggunakan akun yang sudah didapatkan. Pada halaman ini, untuk mengganti *password*, *user* memasukkan *password* lama dan *password* baru, kemudian klik ubah *password*. Sistem akan melakukan validasi dan memberi notifikasi apakah perubahan berhasil dilakukan, Jika validasi berhasil, sistem akan menampilkan notifikasi bahwa perubahan *password* telah berhasil dilakukan “*Password berhasil diubah!*”.

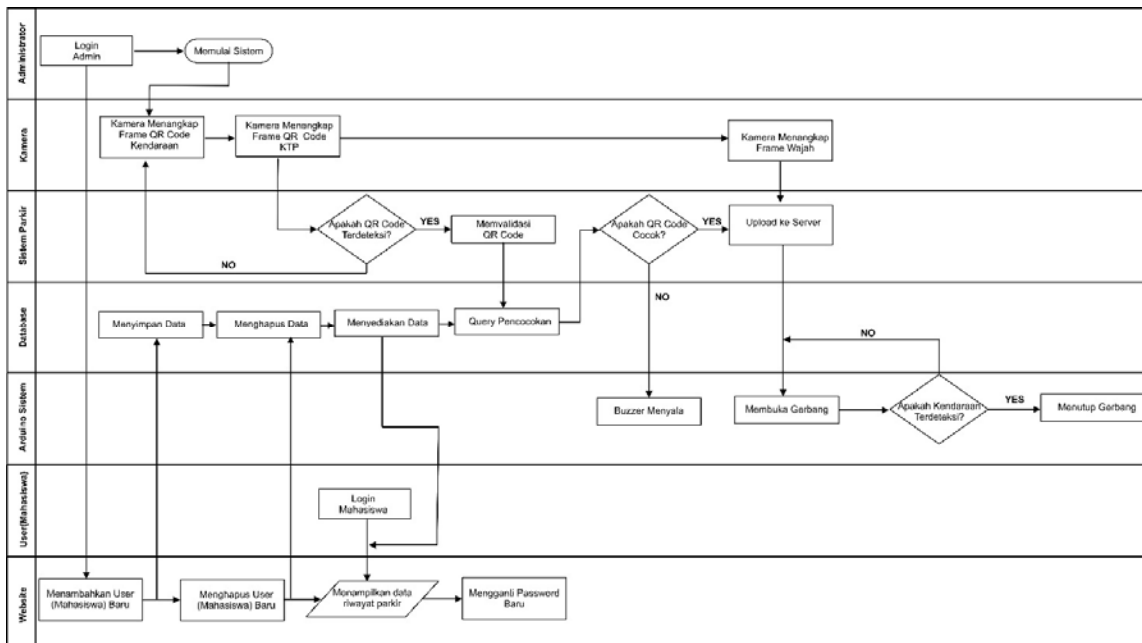
*User*(mahasiswa) menempatkan KTM di depan kamera pertama untuk memindai QR Code yang ada pada KTM, kemudian *user* harus memposisikan QR Code kendaraan yang terpasang di bagian plat motor di depan kamera kedua (kamera yang terletak di palang parkir). *User* dapat melihat proses deteksi pada GUI (*Graphical User Interface*) yang ada pada gerbang parkir. Sistem secara paralel mendeteksi kedua QR Code tersebut. Sistem kemudian mencocokkan data QR Code KTM dan QR Code kendaraan. Jika hasilnya cocok dan valid, maka verifikasi dianggap berhasil, GUI berubah menjadi warna hijau dan palang gerbang terbuka otomatis. Jika verifikasi gagal, GUI berubah menjadi



warna merah dan *user* akan mendengar bunyi *buzzer*. Informasi waktu dan data proses juga dicatat ke dalam *database* sebagai bagian dari riwayat parkir.

### Swim Lane Diagram

*Swim lane* diagram pada Gambar 7 menggambarkan alur proses sistem parkir otomatis berbasis QR Code yang terbagi dalam beberapa *swim lane*, yaitu Administrator, Kamera, Sistem Parkir, Database, Arduino Sistem, User (Mahasiswa), dan Website. Proses dimulai dari Administrator yang login dan memulai sistem. Kamera kemudian menangkap QR Code kendaraan, QR Code KTM, dan frame wajah. Sistem parkir memproses dan memvalidasi QR Code, kemudian mencocokkannya melalui *query* ke *database*. Jika QR Code cocok, data akan diupload ke server dan gerbang terbuka; jika tidak, *buzzer* menyala sebagai peringatan. Setelah kendaraan terdeteksi lewat sensor, gerbang akan menutup otomatis. Di sisi lain, *user* (mahasiswa) dapat login ke sistem melalui website untuk mengganti *password*, melihat riwayat parkir, serta administrator dapat menambahkan atau menghapus data user baru. Diagram ini memperjelas pembagian tugas antar komponen sistem dan urutan proses dari awal hingga akhir dalam sistem parkir otomatis.



Gambar 7. Swim Lane Diagram

### Rancangan Database

Struktur *database* merupakan bagian penting dalam sistem parkir otomatis ini karena berfungsi sebagai tempat penyimpanan seluruh data yang diperlukan, mulai dari data pengguna, kendaraan, hingga riwayat aktivitas parkir. Desain *database* disusun secara terstruktur dan efisien agar proses penyimpanan, pencarian, dan pengelolaan data



dapat berjalan optimal. Pada sistem ini, *database* yang digunakan adalah MySQL, yang dipilih karena kemampuannya dalam menangani data relasional dan kemudahan integrasi dengan bahasa pemrograman PHP. Di dalam *database* ini, terdapat beberapa tabel utama yang saling mendukung untuk menjalankan fungsi sistem secara menyeluruh. Tabel-tabel tersebut antara lain adalah tabel *users* yang menyimpan data mahasiswa pengguna sistem, tabel *admin\_master* yang menyimpan data admin sistem, serta tabel *parking\_data* yang mencatat aktivitas keluar-masuk kendaraan.

**Tabel 1.** Struktur Tabel Admin\_Master

No	Field	Type	Size	Key
1	<i>id</i>	<i>Int</i>	11	*
2	<i>username</i>	<i>Varchar</i>	50	-
3	<i>password</i>	<i>Varchar</i>	255	-

Tabel *admin\_master* merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan data *login* admin sistem parkir otomatis. Tabel ini memiliki tiga struktur seperti pada Tabel 1, yaitu *id*, *username*, dan *password*. Kolom *id* bertipe *integer* dan bersifat *auto-increment* yang digunakan sebagai *primary key* untuk membedakan setiap entri admin. Kolom *username* bertipe *VARCHAR(50)* menyimpan nama pengguna admin, sedangkan kolom *password* bertipe *VARCHAR(255)* menyimpan kata sandi admin yang sudah dienkripsi menggunakan metode *password\_hash()*.

**Tabel 2.** Struktur Tabel users

No	Field	Type	Size	Key
1	<i>id</i>	<i>int</i>	11	*
2	<i>student_barcode</i>	<i>Varchar</i>	50	-
3	<i>username</i>	<i>Varchar</i>	50	-
4	<i>password</i>	<i>Varchar</i>	255	-

Tabel *Users* merupakan tabel yang digunakan untuk menyimpan data pengguna sistem parkir otomatis, khususnya mahasiswa validasi akses keluar gerbang parkir. Tabel ini terdiri dari empat struktur seperti Tabel 2, kolom *id* merupakan *primary key* bertipe *INT(11)* dan bersifat *auto-increment*, digunakan untuk mengidentifikasi setiap pengguna secara unik. Kolom *student\_barcode* bertipe *VARCHAR(50)* digunakan untuk menyimpan kode unik mahasiswa yang biasanya diperoleh dari pemindaian *barcode* kartu mahasiswa. Kolom *username* menyimpan nama pengguna yang bisa digunakan untuk *login* ke sistem, sedangkan kolom *password* menyimpan kata sandi pengguna yang telah dienkripsi menggunakan metode *password\_hash()*.

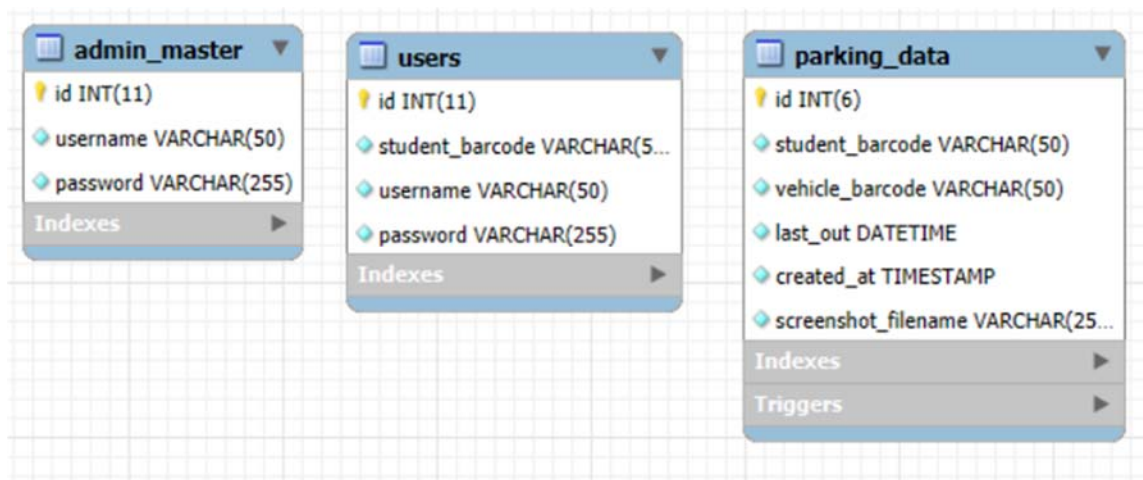


**Tabel 3.** Struktur Tabel Parking Data

No	Field	Type	Size	Key
1	<i>id</i>	<i>int</i>	11	*
2	<i>student_barcode</i>	<i>Varchar</i>	50	-
3	<i>vehicle_barcode</i>	<i>Varchar</i>	50	-
4	<i>last_out</i>	<i>Datetime</i>	-	-
5	<i>created_at</i>	<i>Timestamp</i>	-	-
6	<i>screeshot_filename</i>	<i>Varchar</i>	255	-

Tabel `parking_data` merupakan tabel inti dalam sistem parkir otomatis yang berfungsi untuk mencatat seluruh aktivitas parkir kendaraan mahasiswa. Tabel ini terdapat 6 struktur seperti Tabel 3, kolom `id` bertipe `INT(6) UNSIGNED` dan bersifat `auto-increment` digunakan sebagai `primary key` untuk mengidentifikasi setiap entri data parkir secara unik. Kolom `student_barcode` bertipe `VARCHAR(50)` menyimpan barcode milik mahasiswa yang dipindai saat masuk atau keluar dari area parkir, sementara `vehicle_barcode` juga bertipe `VARCHAR(50)` digunakan untuk menyimpan barcode kendaraan, baik dari stiker maupun label identifikasi lainnya. Kolom `last_out` bertipe `DATETIME` mencatat waktu kendaraan terakhir kali keluar dari area parkir, sedangkan `created_at` bertipe `TIMESTAMP` menyimpan waktu saat data pertama kali dicatat dalam sistem sebagai penanda waktu masuk. Selain itu, kolom `screenshot_filename` bertipe `VARCHAR (255)` menyimpan nama file hasil tangkapan gambar.

### Entity Relationship Diagram



**Gambar 8.** Entity Relationship Diagram

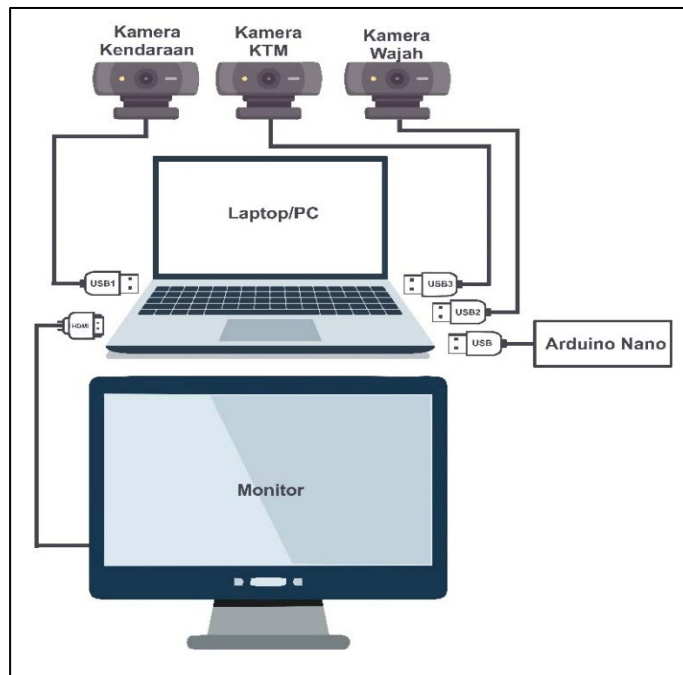


Sistem parkir otomatis ini, terdapat tiga tabel utama yaitu *admin\_master*, *users*, dan *parking\_data*. Ketiga tabel tersebut memiliki fungsi masing-masing dan saat ini tidak saling berelasi secara langsung dalam struktur *database*, seperti Gambar 8. Tabel *admin\_master* digunakan untuk menyimpan data akun admin, yang berisi informasi *id*, *username*, dan *password*. Tabel ini berdiri sendiri dan tidak memiliki keterkaitan langsung dengan tabel lainnya.

Tabel *users* berisi data mahasiswa yang terdaftar dalam sistem, dengan kolom utama seperti *student\_barcode*, *username*, dan *password*. Meskipun tabel ini menyimpan QR Code mahasiswa yang juga digunakan dalam tabel lain, tidak terdapat hubungan eksplisit seperti *foreign key* ke tabel *parking\_data*. Data pada tabel ini digunakan untuk proses autentikasi saat mahasiswa login ke sistem *website* parkir otomatis

Tabel *parking\_data* digunakan untuk mencatat riwayat aktivitas parkir, dengan menyimpan informasi seperti *student\_barcode*, *vehicle\_barcode*, waktu keluar terakhir *last\_out*, waktu pencatatan *created\_at*, dan nama file tangkapan layar *screenshot\_filename*. Meskipun terdapat kesamaan data seperti *student\_barcode* antara tabel *parking\_data* dan *users*, hubungan ini hanya bersifat logis, bukan relasional secara struktural. Dengan demikian, ketiga tabel ini berdiri sendiri tanpa relasi formal antar tabel dalam skema *database*

### Diagram Koneksi Perangkat Keras Sistem Gerbang Parkir Otomatis



Gambar 9. Diagram Koneksi Gerbang Parkir Otomatis

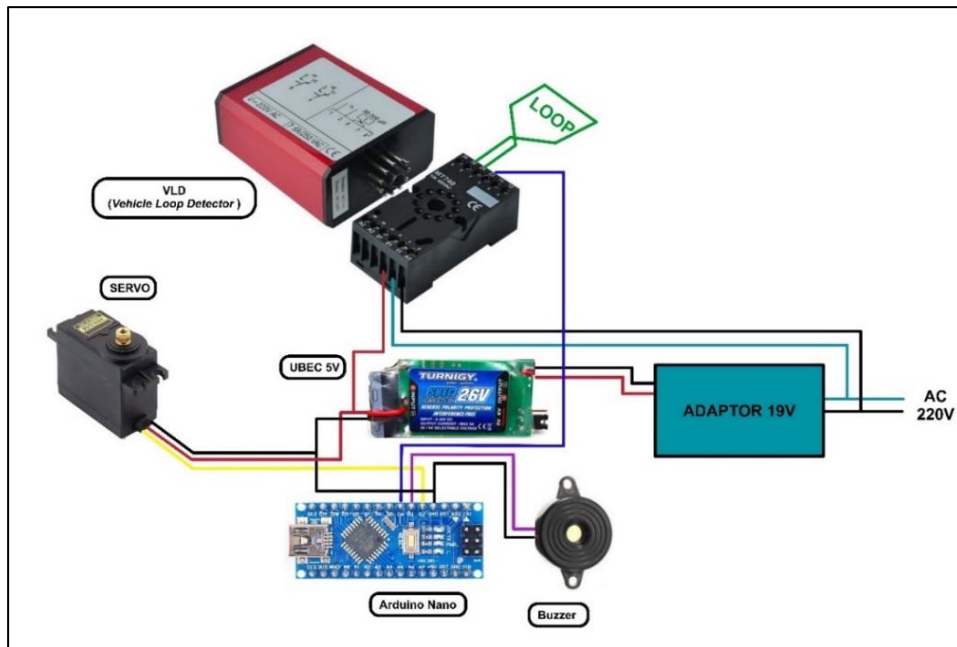


Diagram koneksi perangkat keras Gambar 9 menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem gerbang parkir otomatis. Diagram ini menunjukkan koneksi antara laptop sebagai pusat kendali utama dengan tiga kamera, monitor eksternal, dan mikrokontroler Arduino Nano. Masing-masing perangkat terhubung melalui *port* USB dan HDMI sesuai dengan fungsi dan perannya dalam sistem. Kamera 1 terhubung pada *port* USB1 dan digunakan untuk mendeteksi QR Code kendaraan. Kamera 2 yang terhubung ke USB3 berfungsi untuk memindai QR Code pada Kartu Tanda Mahasiswa (KTM). Sementara itu, kamera 3 yang terhubung ke USB2 digunakan untuk menangkap wajah pengemudi sebagai langkah keamanan tambahan. *Port* USB ke-4 pada laptop digunakan untuk menjalin komunikasi serial dengan Arduino Nano. Melalui koneksi ini, perintah dari program utama yang dijalankan di laptop dapat dikirimkan ke Arduino untuk mengendalikan motor servo sebagai aktuator pembuka dan penutup gerbang, sedangkan monitor eksternal terhubung ke *port* HDMI.

### **Skematik Rangkaian Sistem Kendali Gerbang Parkir Otomatis**

Pada sistem gerbang parkir otomatis ini, diperlukan suatu rangkaian kontrol yang berfungsi untuk merespon perintah secara otomatis berdasarkan hasil validasi data. Skematik rangkaian yang ditampilkan pada Gambar 10 menggambarkan sistem kontrol otomatis gerbang parkir yang menggunakan mikrokontroler Arduino Nano sebagai unit kontrol utama yang disuplai adaptor 19V dan diturunkan menjadi 5V oleh *ubec*. Mikrokontroler ini menerima instruksi dari melalui komunikasi serial, instruksi tersebut digunakan untuk mengoperasikan aktuator, dalam hal ini motor servo, guna membuka atau menutup gerbang secara otomatis. Selain itu, Arduino juga menerima input dari sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD), yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan dengan memanfaatkan medan induksi elektromagnetik yang dihasilkan oleh *loop* kawat. Ketika kendaraan melintasi area *loop*, perubahan medan induksi elektromagnetik akan diproses oleh modul VLD. Modul ini secara internal mengolah sinyal perubahan induksi dan menghasilkan output berupa relay. Dalam implementasi sistem ini, digunakan jalur *Normally Open* (NO) pada *output* relay, sehingga ketika kendaraan terdeteksi, kontak relay akan menutup (*close*) dan mengalirkan tegangan 5V yang masuk ke pin input digital Arduino. Tegangan ini dibaca oleh Arduino sebagai sinyal logika *HIGH*, yang kemudian dijadikan sebagai indikator bahwa kendaraan telah melewati titik deteksi. Berdasarkan sinyal tersebut, sistem akan secara otomatis memberikan perintah untuk menutup gerbang setelah kendaraan benar-benar keluar dari area sensor.





**Gambar 10.** Skematik Rangkaian Sistem Kontrol Gerbang Parkir Otomatis

### Respons Time

Respons *time* merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk mendeteksi dan mengenali satu buah QR Code, waktu ini dihitung dimulai dari sistem mulai memproses frame dan mendeteksi hingga mengenali QR Code (berhasil dikenali dan dibaca). Data *response time* pada tabel pengujian merupakan representasi rata-rata waktu yang dibutuhkan sistem dalam mengenali satu buah QR Code dalam kondisi normal dan stabil, tanpa memerlukan penyesuaian kondisi visual seperti *auto-exposure* atau *auto-focus*. Setiap sampel pengujian akan diberi batas waktu maksimal selama 20 detik untuk pendeteksian QR Code, dalam rentang waktu tersebut sistem akan mencatat berapa kali QR Code berhasil dideteksi, serta mencatat *respon time*. Jika dalam waktu tersebut QR Code tidak berhasil dikenali, maka sampel dianggap gagal dan tidak dapat dikenali dan dibaca.

### Analisis Performa Sistem

Analisis Performa Sistem adalah proses evaluasi terhadap kinerja suatu sistem berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menilai tingkat keakuratan, ketepatan, serta kemampuan sistem dalam mengenali dan mengklasifikasikan data dengan benar. Dalam analisis performa suatu sistem klasifikasi, digunakan empat parameter utama, yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN).

Berikut penjelasan keempat parameter dasar:



- *True Positive* (TP) : Sistem memprediksi data sebagai positif, dan data tersebut memang benar positif.
- *True Negative* (TN) : Sistem memprediksi data sebagai negatif, dan data tersebut memang benar negatif.
- *False Positive* (FP) : Sistem memprediksi data sebagai positif, padahal sebenarnya data tersebut negatif.
- *False Negative* (FN) : Sistem memprediksi data sebagai negatif, padahal sebenarnya data tersebut positif.

Berdasarkan nilai-nilai di atas, dihitung dihitung performa sistem. *Accuracy* mengukur proporsi total prediksi yang benar dari keseluruhan data. *Precision* menunjukkan seberapa tepat sistem dalam mengklasifikasikan data positif, dengan menghitung (rasio TP terhadap jumlah TP dan FP). *Sensitivity* menilai seberapa baik sistem dalam mendeteksi data positif (rasio TP terhadap jumlah TP dan FN). Sementara itu, *Specificity* mengukur kemampuan sistem dalam mengenali data negatif secara akurat (rasio TN terhadap jumlah TN dan FP). Keempat parameter ini sangat penting untuk menilai efektivitas dan keandalan sistem dalam proses klasifikasi, terutama pada aplikasi yang menuntut akurasi tinggi dalam pengambilan keputusan.

*Accuracy* :

$$Accuracy = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (1)$$

*Precision* :

$$Precision = \frac{(TP)}{(TP + FP)} \quad (2)$$

*Sensitivity* :

$$Sensitivity = \frac{(TP)}{(TP + FN)} \quad (3)$$

*Specificity* :

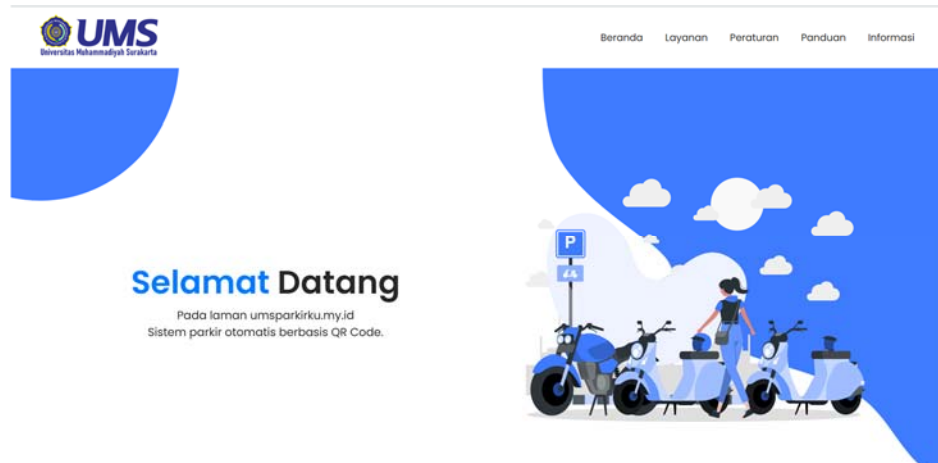
$$Specificity = \frac{(TN)}{(TN + FP)} \quad (4)$$



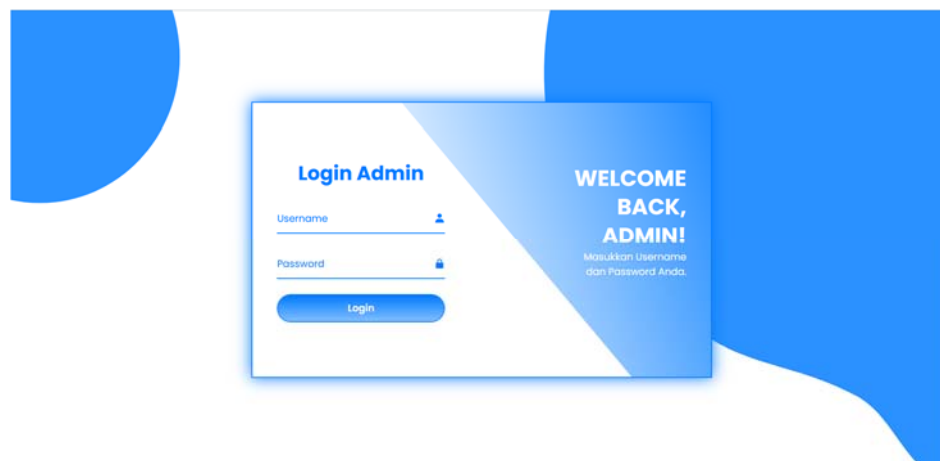
## HASIL

### Antarmuka Website

Antarmuka *website* sistem gerbang parkir otomatis pada Gambar 11 dirancang dengan tampilan yang sederhana, responsif, dan mudah digunakan. Terdapat tiga halaman *login* yang dibedakan berdasarkan jenis pengguna, yang dapat diakses melalui menu layanan. Pada Gambar 12 adalah halaman *login* untuk admin, dan pada Gambar 13 adalah halaman *login* mahasiswa, jika pengguna berhasil *login* maka akan diarahkan ke *dashboard* masing-masing sesuai. Setiap *dashboard* memiliki fitur yang disesuaikan dengan hak akses pengguna, seperti manajemen data pada admin dan riwayat parkir pada mahasiswa. Desain antarmuka juga dioptimalkan agar dapat diakses melalui perangkat *desktop* maupun *mobile*.

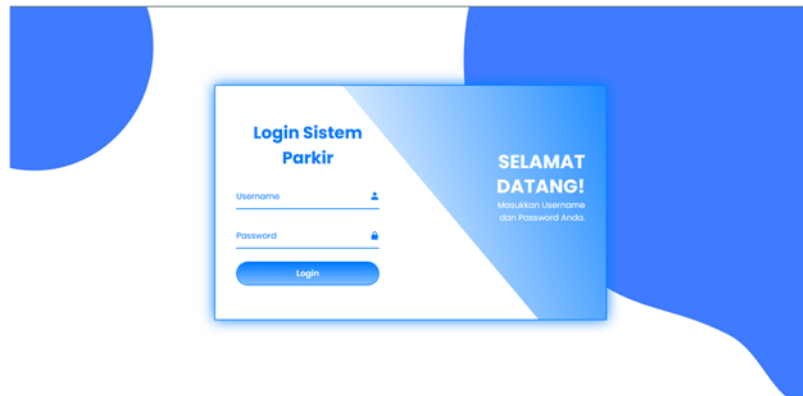


Gambar 11. Tampilan beranda *website*



Gambar 12. Tampilan menu login admin





**Gambar 13.** Tampilan menu login mahasiswa

Tampilan *dashboard* admin pada Gambar 14 menyediakan berbagai fitur manajemen, seperti penambahan data mahasiswa, reset *password* otomatis, dan pencarian data mahasiswa berdasarkan NIM atau nama. *Dashboard* mahasiswa Gambar 15 menampilkan informasi pribadi serta histori parkir yang pernah dilakukan. Selain itu, tersedia satu halaman *login* yang mengarahkan pengguna langsung ke halaman ubah *password*, yang ditujukan bagi mahasiswa yang ingin mengganti kata sandi mereka secara mandiri seperti pada Gambar 16.

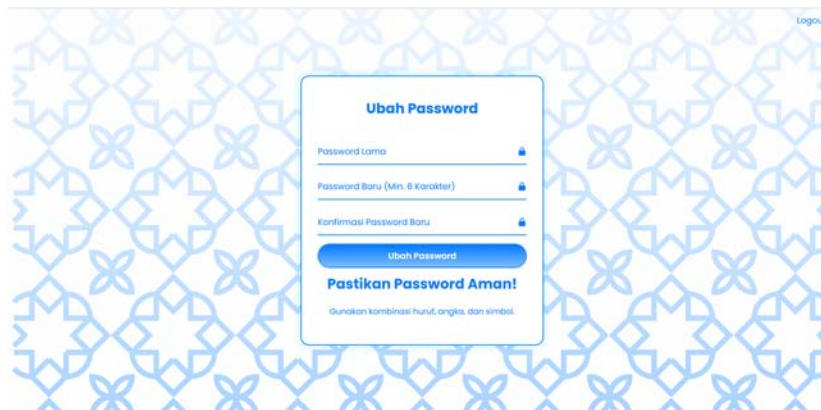


**Gambar 14.** Tampilan dashboard admin



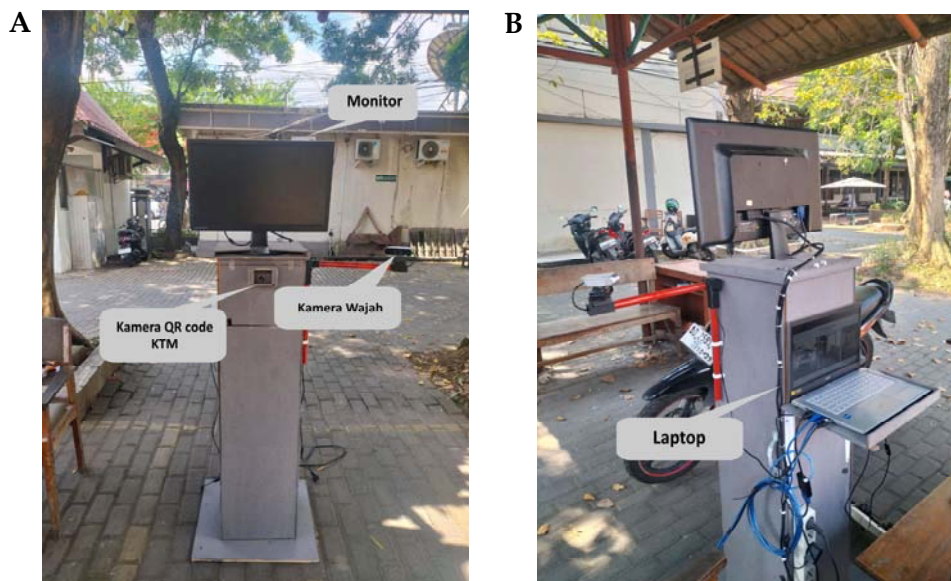
**Gambar 15.** Tampilan dashboard mahasiswa





Gambar 16. Tampilan halaman ubah password mahasiswa

### Hasil Realisasi Alat



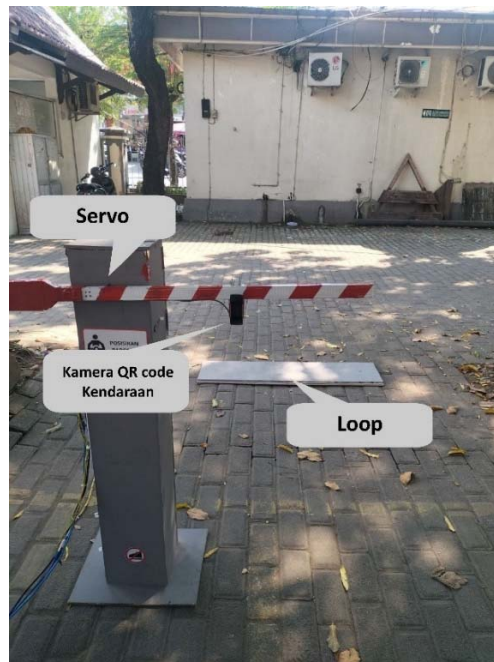
Gambar 17. (A) Pilar Kontrol dan Validasi Tampak Depan, dan (B) Pilar Kontrol dan Validasi Tampak Belakang

Sistem ini menggunakan sebuah laptop sebagai unit utama untuk menjalankan program yang berfungsi dalam pemrosesan data, pengolahan informasi, serta pengendalian gerbang secara otomatis. Terdapat tiga kamera yang masing-masing memiliki fungsi berbeda, yaitu untuk mendeteksi kendaraan, membaca Kartu Tanda Mahasiswa (KTM), dan menangkap wajah pengendara. Pengambilan foto wajah ini dilakukan sebagai langkah keamanan preventif, di mana hasil foto disimpan dalam *database* dan dapat digunakan untuk keperluan monitoring. Monitor digunakan untuk memantau proses validasi serta mempermudah pengguna dalam mengarahkan QR code agar tepat berada di depan kamera. Dengan demikian, pengguna dapat melihat secara



langsung proses validasi saat akan keluar dari gerbang parkir. Gambar 17 ini adalah foto pilar kontrol dan validasi tampak depan dan belakang.

Mekanisme buka dan tutup gerbang pada sistem ini dikendalikan oleh sistem otomatis yang menggunakan mikrokontroler Arduino Nano. Sistem ini berfungsi untuk mengoperasikan motor servo sebagai aktuator utama yang menggerakkan pintu gerbang secara otomatis sesuai dengan sinyal input yang diterima. Saat sistem menerima sinyal validasi keberhasilan dari pemindaian QR Code, Arduino akan mengaktifkan motor servo untuk membuka gerbang. Selain itu, sistem dilengkapi dengan sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD), mekanisme penutupan gerbang dikendalikan secara otomatis oleh input *Loop* dari sensor ini, di mana gerbang akan kembali tertutup setelah kendaraan benar-benar melewati area sensor. Gambar 19 berikut merupakan foto pilar gerbang otomatis yang menjadi tempat pemasangan berbagai komponen seperti kamera, *loop*, dan motor servo sebagai penggerak utama.



**Gambar 18.** Pilar Gerbang Otomatis

Sistem ini dirancang agar proses buka-tutup gerbang berlangsung secara cepat, aman, dan efisien tanpa memerlukan intervensi manual. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan untuk mengendalikan motor servo, gerbang dapat terbuka secara otomatis begitu proses verifikasi QR Code berhasil. Sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD) membantu memastikan gerbang tidak tertutup sebelum kendaraan benar-benar melewati area aman, sehingga meningkatkan aspek keselamatan.



Hasil realisasi alat dapat dilihat pada Gambar 19 berikut, pilar kontrol dan validasi sebagai tempat pengguna melakukan pemindaian KTM serta memantau proses validasi. Pilar gerbang parkir otomatis sebagai pemindaian QR Code kendaraan serta dilengkapi dengan palang. Untuk mendeteksi kendaraan digunakan sensor *Loop* yang ditanam di jalan dan berfungsi memberikan sinyal kepada sistem untuk menutup palang setelah kendaraan lewat.



**Gambar 19.** Hasil Realisasi Alat

### **Pengujian Sistem**

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code secara menyeluruh. Rangkaian uji coba telah dirancang untuk mengevaluasi kinerja sistem dan memastikan fungsionalitas sebagaimana mestinya. Parameter pengujian yang digunakan meliputi:

1. Uji Fungsionalitas Website dan Fitur Website. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan seluruh menu dan fitur pada website sistem gerbang parkir bekerja sesuai fungsinya. Pengujian dilakukan dengan mencoba setiap menu dan interaksi yang tersedia pada antarmuka website
2. Pengujian Jarak Pembacaan QR Code. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan seberapa dekat dan seberapa jauh kamera masih mampu membaca QR Code secara



optimal. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak hingga ditemukan batas maksimal dan minimal pembacaan yang akurat.

3. Pengujian Efektivitas Deteksi QR Code terhadap Variasi Pencahayaan. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan sistem dalam membaca QR Code pada kondisi pencahayaan yang berbeda. Pada pengujian ini terdapat QR Code Valid dan Invalid, Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membedakan antara QR Code yang valid dan invalid.
4. Pengujian Posisi QR Code pada Plat Motor dengan Ketinggian dan Sudut yang berbeda, bertujuan untuk mengetahui akurasi dan kecepatan deteksi QR Code yang ditempatkan pada plat motor, mengingat setiap merek motor memiliki ketinggian posisi plat dan kemiringan yang berbeda-beda.
5. Pengujian Efektivitas Sensor VLD terhadap Berbagai Bahan Velg Motor. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kemampuan sensor VLD dalam mendeteksi keberadaan kendaraan dengan karakteristik bahan velg yang berbeda untuk mengetahui apakah material memengaruhi kinerja sensor.
6. Pengujian Respons Gerbang terhadap Perintah Serial. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam merespons perintah yang dikirim melalui komunikasi serial, khususnya dalam membuka dan menutup gerbang otomatis.

### Pengujian Fungsionalitas Website dan Fitur Website

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur dan fungsionalitas website parkir otomatis berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Proses pengujian mencakup berbagai komponen pada website, mulai dari fitur yang diuji, langkah-langkah pengujian, hingga hasil yang diharapkan. Tabel 4 berikut menyajikan ringkasan hasil pengujian tersebut, termasuk jumlah pengujian dan status keberhasilan atau kegagalan dari masing-masing fitur.

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Website

No	Pengujian	Harapan	Jumlah Pengujian	Hasil Pengujian	
				Berhasil	Tidak Berhasil
1	Login sebagai Admin	Admin dapat mengakses <i>dashboard</i> jika <i>username</i> dan <i>password</i> sesuai. Jika tidak, muncul notifikasi eror.	10	10	0



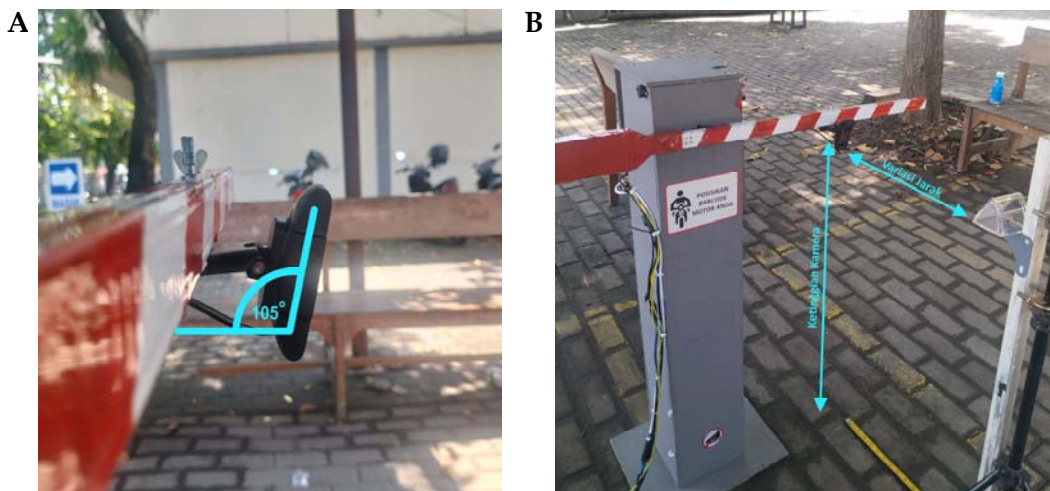
2	Admin menambahkan data mahasiswa	Data mahasiswa berhasil ditambahkan ke <i>database</i>	10	10	0
3	Admin mencari data parkir	Sistem menampilkan data yang relevan sesuai kata kunci pencarian.	10	10	0
4	Admin mereset <i>password</i> mahasiswa	<i>Password</i> berhasil direset dan mahasiswa dapat <i>login</i> dengan <i>password</i> baru.	10	10	0
5	Admin mengurutkan data berdasarkan ID/NIM	Data mahasiswa atau parkir tersortir secara otomatis sesuai ID secara ascending/descending.	10	10	0
6	Admin melihat waktu keluar terakhir (last out)	Data parkir menampilkan waktu keluar terakhir kendaraan dengan akurat.	10	10	0
7	Admin melihat seluruh riwayat parkir di halaman admin	Semua data parkir ditampilkan dengan detail di <i>dashboard</i> admin.	10	10	0
8	Mahasiswa <i>login</i> ke sistem	Mahasiswa dapat masuk ke halaman pengguna jika akun valid.	10	10	0
9	Mahasiswa melihat data parkirnya di halaman pengguna	Mahasiswa dapat melihat riwayat parkir pribadi secara lengkap.	10	10	0
10	Sistem menampilkan QR Code kendaraan	QR Code kendaraan mahasiswa ditampilkan	10	10	0



11	Mahasiswa mengubah <i>password</i> akun	<i>Password</i> berhasil diperbarui setelah validasi <i>password</i> lama berhasil.	10	10	0
12	Admin <i>logout</i> dari sistem	Sistem keluar dari akun admin dan kembali ke beranda.	10	10	0
13	Mahasiswa <i>logout</i> dari sistem	Sistem keluar dari akun pengguna dan kembali ke beranda.	10	10	0

### Pengujian Jarak Pembacaan QR Code

Konfigurasi kamera yang digunakan dalam pengujian ini dipasang pada ketinggian 87 cm dari permukaan tanah dengan sudut kemiringan sebesar 105 derajat terhadap bidang horizontal yang dapat dilihat pada Gambar 20. Pengaturan ini disesuaikan untuk mensimulasikan posisi kamera pada sistem parkir kendaraan yang memindai QR Code kendaraan saat mendekati gerbang. Pada saat pengujian QR Code diletakkan di depan kamera pada ketinggian 82 cm dari permukaan tanah, dengan sudut peletakan sebesar 120 derajat terhadap bidang horizontal sesuai dengan variasi jarak yang sudah ditetapkan.



**Gambar 20.** (A) Konfigurasi Kamera QR Code Kendaraan, dan (B) Konfigurasi Pengaturan Posisi Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, kamera menunjukkan performa deteksi dan pembacaan QR Code yang sangat baik pada rentang jarak 10 cm hingga 45 cm. Pada jarak-jarak tersebut, jumlah QR Code yang terdeteksi secara berturut-turut adalah 585, 585, 586, 573, 529, 513, 511, dan 458. Seluruh QR Code yang terdeteksi berhasil dibaca



tanpa adanya kegagalan, dengan waktu respons rata-rata yang relatif stabil dan rendah, berkisar antara 32,94 ms hingga 42,20 ms. Hasil ini menunjukkan bahwa kamera memiliki kemampuan deteksi yang optimal dalam rentang jarak tersebut.

Performa kamera mulai mengalami penurunan pada jarak 50 cm. Meskipun 49 QR Code yang terdeteksi masih dapat dibaca seluruhnya, waktu respons rata-rata meningkat signifikan menjadi 394,80 ms. Penurunan performa selaras dengan pengujian pada jarak 55 cm, di mana hanya 3 QR Code yang terdeteksi dan hanya 2 di antaranya yang berhasil dibaca, sedangkan 1 lainnya gagal. Pada jarak 55 cm ini, waktu respons rata-rata meningkat tajam sebesar 1334,87 ms, yang menunjukkan bahwa kamera tidak lagi dapat diandalkan untuk melakukan deteksi dan pembacaan QR Code secara efektif.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa jarak optimal untuk pembacaan QR Code oleh kamera berada pada kisaran 10 cm hingga 45 cm. Pada jarak 50 cm, pembacaan QR Code mulai tidak optimal yang ditandai dengan peningkatan waktu respon rata-rata, sedangkan pada jarak 55 cm performa deteksi menurun drastis sehingga tidak direkomendasikan. Hasil pengujian ini juga menunjukkan kecenderungan bahwa semakin jauh jarak antara kamera dan QR Code, maka waktu respons pembacaan cenderung semakin lama.

**Tabel 5.** Pengujian Jarak Pembacaan QR Code

No	Jarak	QR Terdeteksi	QR Berhasil Dibaca	QR Gagal Dibaca	Respon Time (ms)
1	10 Cm	585	585	0	32,94
2	15 Cm	585	585	0	32,95
3	20 Cm	586	586	0	33,00
4	25 Cm	573	573	0	33,68
5	30 Cm	529	529	0	36,50
6	35 Cm	513	513	0	37,73
7	40 Cm	511	511	0	37,76
8	45 Cm	458	458	0	42,20
9	50 Cm	49	49	0	394,80
10	55 Cm	3	2	1	1334,87

### Pengujian Efektivitas Deteksi QR Code terhadap Variasi Pencahayaan

Pengujian dilakukan dengan menempatkan QR Code pada jarak 20 cm dari kamera, dengan sudut kemiringan sebesar 120 derajat dan ketinggian QR Code dari permukaan tanah sebesar 80 cm. Pemilihan konfigurasi ini dilakukan karena jarak dan ketinggian tersebut dianggap sebagai posisi yang optimal untuk memastikan QR Code dapat terbaca dengan baik oleh sistem.



Hasil pengujian pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem mampu membaca QR Code dengan sangat baik pada berbagai kondisi pencahayaan, mulai dari pagi, siang, sore, hingga malam hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam mengenali QR Code pada tingkat intensitas cahaya yang bervariasi sesuai Tabel 6. Pengujian dilakukan pada kondisi pencahayaan alami maupun buatan untuk memastikan kinerja sistem tetap stabil dalam situasi nyata di lapangan. Hasilnya menunjukkan bahwa kamera dan algoritma pemrosesan QR Code dapat beradaptasi dengan perubahan intensitas cahaya tanpa mengalami penurunan akurasi pembacaan.

**Tabel 6.** Tabel Kategori Variasi Cahaya

Kondisi Pencahayaan	Nilai Lux
Pagi Hari Cerah	2800-10000
Pagi Hari Mendung	400-800
Siang Hari Cerah	100000-120000
Siang Hari Mendung	14000-15200
Sore Hari Cerah	2300-5000
Sore Hari Mendung	600-1400
Malam Hari (Pencahayaan lampu)	150-300

Variasi kondisi pencahayaan tidak memengaruhi kemampuan sistem dalam mendeteksi QR Code yang. Sistem secara konsisten berhasil mendeteksi dan membaca seluruh QR Code valid di berbagai tingkat pencahayaan. Meskipun demikian, penurunan intensitas cahaya terbukti berpengaruh terhadap performa proses deteksi dan pembacaan, yang ditunjukkan oleh peningkatan respon time secara bertahap seiring menurunnya pencahayaan. Hal ini mengindikasikan bahwa pencahayaan yang lebih rendah dapat memperlambat proses deteksi dan pembacaan QR Code.

**Tabel 7.** Pengujian Efektivitas Deteksi QR Code terhadap Variasi Pencahayaan

No.	Kondisi Pencahayaan	Jumlah QR Terdeteksi	QR Berhasil Dibaca	QR Gagal Dibaca	Respon Time (Rata Rata)
1	Pagi Hari Cerah	400	400	-	44,73
2	Pagi Hari Mendung	393	393	-	45,11
3	Siang Hari Cerah	573	573	-	33,76
4	Siang Hari Mendung	573	573	-	33,75
5	Sore Hari Cerah	486	486	-	38,09



6	Sore Hari Mendung	387	387	-	48,01
7	Malam Hari	324	324	-	52,82

### Pengujian Posisi QR Code pada Plat Motor dengan Ketinggian dan Sudut yang berbeda

Dalam Peraturan Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 tentang Registrasi dan Identifikasi Kendaraan Bermotor, khususnya Pasal 45 ayat (3), disebutkan bahwa Tanda Nomor Kendaraan Bermotor (TNKB) dipasang pada tempat yang disediakan di bagian depan dan belakang kendaraan bermotor yang mudah terlihat dan teridentifikasi. Berdasarkan ketentuan tersebut, dalam pengujian ini disimulasikan pemasangan TNKB sesuai dengan kondisi di lapangan, berdasarkan hasil observasi di lapangan posisi plat nomor yang umum dijumpai, yakni pada ketinggian 55–90 cm dari permukaan tanah, dan dengan sudut kemiringan 90°, 120°, dan 135°. Pengujian dilakukan dengan menyesuaikan kondisi tersebut pada jarak sekitar 40 cm antara QR Code dengan kamera dan dilakukan perubahan variasi ketinggian dan sudut yang sesuai.

**Tabel 8.** Pengujian Posisi QR Code pada Plat Motor

No.	Ketinggian Plat	Sudut Kemiringan	QR Terdeteksi	QR Berhasil Dibaca	QR Gagal Dibaca	Respon Time (ms)
1	50 Cm	±90°	0	0	0	0,00
	50 Cm	±120°	585	585	0	32,94
	50 Cm	±135°	481	481	0	40,20
2	55 Cm	±90°	52	52	0	344,43
	55 Cm	±120°	569	569	0	33,91
	55 Cm	±135°	581	581	0	33,30
3	60 Cm	±90°	94	94	0	207,07
	60 Cm	±120°	581	581	0	33,23
	60 Cm	±135°	586	586	0	32,98
4	65 Cm	±90°	127	127	0	153,40
	65 Cm	±120°	585	585	0	33,06
	65 Cm	±135°	585	585	0	33,05
5	70 Cm	±90°	288	288	0	67,33
	70 Cm	±120°	580	580	0	33,35



	70 Cm	$\pm 135^\circ$	587	587	0	32,96
	75 Cm	$\pm 90^\circ$	577	577	0	33,34
6	75 Cm	$\pm 120^\circ$	587	587	0	32,95
	75 Cm	$\pm 135^\circ$	567	567	0	34,11
	80 Cm	$\pm 90^\circ$	580	580	0	33,21
7	80 Cm	$\pm 120^\circ$	573	573	0	33,73
	80 Cm	$\pm 135^\circ$	577	577	0	33,48
	85 Cm	$\pm 90^\circ$	579	579	0	33,32
8	85 Cm	$\pm 120^\circ$	486	486	0	39,80
	85 Cm	$\pm 135^\circ$	485	485	0	39,78
	90 Cm	$\pm 90^\circ$	539	539	0	35,89
9	90 Cm	$\pm 120^\circ$	579	579	0	33,30
	90 Cm	$\pm 135^\circ$	37	37	0	491,36

Hasil pengujian pada Tabel 8 menunjukkan bahwa kemampuan sistem dalam membaca QR Code sangat dipengaruhi oleh posisi peletakan QR Code, terutama dari segi ketinggian dan sudut kemiringan plat kendaraan. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan pembacaan secara optimal pada kombinasi tertentu, dan mengalami kegagalan pada konfigurasi tertentu. Pada ketinggian 50 cm, sistem gagal mendeteksi dan membaca QR Code pada sudut  $\pm 90^\circ$ , namun berhasil secara konsisten pada sudut  $\pm 120^\circ$  dan  $\pm 135^\circ$  dengan rata-rata respon time 32,94 ms dan 40,20 ms. Pada ketinggian 55 cm hingga 70 cm semua sudut berhasil terdeteksi dengan respon time cukup stabil, meskipun pada sudut  $\pm 90^\circ$  respon time lebih lambat. Performa meningkat di ketinggian 75–80 cm dengan respon time stabil di kisaran 32,95–34,11 ms pada semua sudut. Secara keseluruhan sudut  $\pm 90^\circ$  kurang optimal untuk deteksi di bawah ketinggian 75 cm, namun cukup optimal untuk ketinggian 75 cm sampai 90 cm. Pada ketinggian 90 cm dengan sudut  $\pm 135^\circ$ , hanya 37 QR Code terbaca dengan respon time melambat sampai ke 491,36 ms.

### **Pengujian Efektivitas Sensor VLD terhadap Berbagai Bahan Velg Motor**

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 11, sensor *Vehicle Loop Detector* (VLD) menunjukkan performa yang efektif dan konsisten dalam mendeteksi keberadaan kendaraan dengan berbagai variasi material velg. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali untuk masing-masing bahan logam, yaitu aluminium dan besi, dengan tujuan mengevaluasi kinerja sistem pada dua kondisi awal gerbang, yaitu dalam keadaan terbuka dan tertutup. Pada seluruh skenario pengujian baik ketika gerbang dalam kondisi terbuka maupun tertutup, sensor mampu mendeteksi kendaraan sebanyak 50 kali tanpa



terjadi kesalahan. Sistem gerbangpun memberikan respon yang sesuai dengan logika yang telah dirancang sebelumnya.

Ketika gerbang berada dalam kondisi tertutup, sistem tetap mempertahankan kondisi tersebut meskipun kendaraan terdeteksi, yang mengindikasikan tidak adanya kesalahan logika sistem yang menyebabkan gerbang terbuka secara tidak semestinya. Sebaliknya, saat gerbang dalam keadaan terbuka dan kendaraan terdeteksi, sistem menutup gerbang secara otomatis sesuai dengan logika yang telah ditetapkan. Selain pengujian terhadap bahan logam, pengujian juga dilakukan terhadap bahan non-logam, yaitu kayu dan ban plastik, untuk menguji kemungkinan terjadinya deteksi palsu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor tidak merespon terhadap keberadaan objek non-logam tersebut, sehingga sistem tidak melakukan perubahan kondisi pada gerbang.

Respons gerbang otomatis dirancang terbuka berdasarkan pada hasil validasi antara QR Code KTM dan QR Code kendaraan yang dinyatakan valid/cocok, kemudian gerbang hanya akan menutup jika ada bahan logam yang terdeteksi. Berdasarkan rancangan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa logika sistem yang benar adalah gerbang akan menutup jika kondisi gerbang sebelumnya terbuka dan gerbang akan sesuai kondisi sebelumnya (tertutup maupun terbuka) saat mendeteksi logam maupun non-logam.

**Tabel 9.** Pengujian Efektivitas Sensor VLD

No	Kategori Bahan	Jumlah Pengujian	Kondisi Gerbang Awal		Kondisi Akhir Gerbang	
			Tertutup	Terbuka	Tertutup	Terbuka
1	Alumunium	50x	0	50	0	50
2	Besi	50x	0	50	0	50
3	Alumunium	50x	50	0	50	0
4	Besi	50x	50	0	50	0
5	Kayu	50x	50	0	50	0
6	Ban Plastik	50x	50	0	50	0
7	Kayu	50x	0	50	0	50
8	Ban Plastik	50x	0	50	0	50

Berdasarkan Tabel 11 di atas, dapat ditentukan nilai performa Accuracy, Precision, Sensitivity, dan Specificity dari hasil pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk menilai kemampuan sensor VLD dalam mendeteksi keberadaan kendaraan dengan karakteristik bahan velg yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah perbedaan material velg memengaruhi kinerja sensor dalam mendeteksi kendaraan secara akurat.

- *True Positive* (TP) : Logam terdeteksi, respon gerbang sesuai logika sistem



- *True Negative* (TN) : Non-logam terdeteksi, respon pada gerbang sesuai logika sistem
- *False Positive* (FP) : Non-logam terdeteksi, respon gerbang, bertentangan dengan logika sistem
- *False Negative* (FN) : Logam terdeteksi, respon gerbang bertentangan dengan logika sistem

**Tabel 10.** Rekap Pengujian Efektivitas Sensor VLD

Kategori	Jumlah
TP	200
TN	200
FP	0
FN	0

Berdasarkan hasil rekap pada Tabel 12, perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (1), (2), (3), dan (4). Perhitungan tersebut digunakan untuk analisis performa dalam mendeteksi kendaraan. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang sangat baik, dengan nilai *Accuracy*, *Precision*, *Sensitivity*, dan *Specificity* masing-masing sebesar 100%.

### Pengujian Respon Gerbang terhadap Serial

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 13 sistem akses pintu yang dilakukan sebanyak 50 kali untuk masing-masing kondisi "*Granted*" (diizinkan) dan "*Denied*" (ditolak), diperoleh data bahwa sistem mampu merespons perintah akses dengan tingkat akurasi yang tinggi. Pada kondisi "*Granted*", di mana akses diberikan, dari 50 kali percobaan awal pintu dalam keadaan tertutup, sistem berhasil membuka gerbang sebanyak 45 kali dan mengalami kegagalan sebanyak 5 kali.

Salah satu penyebab gagalnya komunikasi antara laptop dan Arduino adalah waktu pengiriman data yang terlalu cepat, di mana Arduino belum siap untuk membaca data tersebut. Kondisi ini biasa terjadi ketika perintah dikirim langsung menggunakan *Serial.write* dari laptop tanpa disertai jeda waktu (*delay*) atau mekanisme konfirmasi penerimaan. Akibatnya, data yang seharusnya diterima oleh Arduino bisa saja terlewat (*missed read*), karena buffer serial belum siap.

**Tabel 11.** Hasil Pengujian Respon Gerbang terhadap Perintah Serial

No	Akses	Jumlah Pengujian	Hasil Pengujian	
			Gerbang Terbuka	Gerbang Tertutup
1	<i>Granted</i>	50x	45	5



2	<i>Denied</i>	50x	0	50
---	---------------	-----	---	----

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam merespons perintah yang dikirim melalui komunikasi serial, khususnya dalam membuka dan menutup gerbang otomatis. Berdasarkan Tabel 13 di atas, dapat ditentukan nilai performa *Accuracy*, *Precision*, *Sensitivity*, dan *Specificity*. Dari hasil pengujian, sistem menghasilkan berbagai respon yang diklasifikasikan ke dalam empat kategori yaitu:

- *True Positive* (TP) : Akses *granted*, gerbang berhasil terbuka.
- *True Negative* (TN) : Akses *denied*, gerbang tetap tertutup.
- *False Positive* (FP) : Akses *denied*, gerbang terbuka.
- *False Negative* (FN) : Akses *granted*, gerbang gagal terbuka.

**Tabel 12.** Rekap Pengujian Efektivitas Sensor VLD

Kategori	Jumlah
TP	45
TN	50
FP	0
FN	5

Berdasarkan hasil rekap pada Tabel 14, perhitungan dilakukan menggunakan persamaan (1), (2), (3), dan (4). Perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem dalam merespons perintah melalui komunikasi serial. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem memiliki kinerja yang sangat baik dengan nilai *Accuracy* sebesar 95%, *Precision* 100%, *Sensitivity* 90%, dan *Specificity* 100%.

## PEMBAHASAN

Bagian Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code yang dikembangkan terbukti efektif dalam mengatasi berbagai permasalahan yang ditemukan pada sistem parkir konvensional di Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sistem ini mengimplementasikan validasi ganda melalui pemindaian QR Code mahasiswa dan QR Code kendaraan, sehingga meningkatkan keamanan dan akurasi verifikasi identitas pengguna.

Pengujian website menunjukkan bahwa seluruh fitur, termasuk login, manajemen data, dan fitur monitoring, berjalan dengan baik dan menunjukkan tingkat keberhasilan 100% pada 13 skenario pengujian. Hal ini menandakan bahwa sistem backend dan antarmuka pengguna sudah berfungsi secara optimal.



Dalam aspek performa pembacaan QR Code, sistem menunjukkan efisiensi tinggi pada jarak 10-45 cm, dengan rata-rata response time berkisar antara 32,94-42,20 ms dan tingkat keberhasilan pembacaan sebesar 100%. Namun, performa mulai menurun pada jarak 50 cm dengan response time meningkat menjadi 394,80 ms, serta menurun lebih jauh pada jarak 55 cm, di mana hanya 2 QR Code berhasil dibaca dari 3 yang terdeteksi. Hal ini menunjukkan adanya batas optimal jarak pemindaian.

Uji pencahayaan juga memperlihatkan bahwa sistem mampu membedakan QR Code valid dan invalid dengan nilai akurasi, presisi, dan sensitivitas mencapai 100%. Namun, intensitas pencahayaan berpengaruh terhadap kecepatan deteksi, di mana semakin rendah intensitas cahaya, semakin tinggi nilai response time yang dihasilkan.

Pengujian terhadap posisi QR Code pada plat kendaraan menunjukkan bahwa posisi optimal terletak pada ketinggian 75-85 cm dengan sudut kemiringan 120°-135°, yang memberikan performa deteksi terbaik. Sebaliknya, posisi terlalu rendah atau sudut 90° cenderung menghasilkan performa pembacaan yang kurang optimal.

Sensor Vehicle Loop Detector (VLD) juga menunjukkan performa yang sangat baik, dengan kemampuan mendeteksi 100% velg kendaraan berbahan logam seperti aluminium dan besi. Sensor tidak merespon terhadap benda non-logam seperti kayu dan plastik, dan memiliki nilai akurasi, presisi, sensitivitas, dan spesifisitas masing-masing sebesar 100%.

Pada pengujian respon gerbang terhadap perintah serial, dari 50 percobaan akses "granted", gerbang berhasil terbuka sebanyak 45 kali (90%), sedangkan untuk 50 percobaan akses "denied", sistem berhasil menahan gerbang tetap tertutup seluruhnya (100%). Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu menangani akses kendaraan dengan cukup andal, meskipun masih terdapat sedikit kelemahan dalam respon terhadap perintah pembukaan gerbang.

## **KESIMPULAN**

Sistem gerbang parkir otomatis berbasis QR Code yang telah dikembangkan terbukti mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pengelolaan parkir di lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta. Selain itu, sistem ini juga berpotensi meminimalisir risiko kehilangan STNK, karena proses verifikasi tidak lagi bergantung pada pemeriksaan manual dokumen kendaraan. Sistem berhasil memenuhi seluruh skenario pengujian dengan hasil yang sangat baik, baik dari sisi website, pembacaan QR Code, pengaruh pencahayaan, posisi pemasangan QR, hingga validasi melalui sensor VLD dan kendali gerbang via perintah serial.



Sebagai pengembangan lanjutan, disarankan agar sistem ini dilengkapi dengan fitur validasi fakultas berdasarkan data QR Code mahasiswa. Fitur ini akan memastikan bahwa setiap gerbang parkir hanya dapat diakses oleh mahasiswa dari fakultas yang bersangkutan, sehingga membantu menciptakan keteraturan area parkir, mengurangi kepadatan lintas fakultas, serta mewujudkan lingkungan kampus yang lebih tertib dan tertata.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas rahmat, kesehatan, dan petunjuk-Nya selama proses penelitian ini. Terima kasih saya sampaikan kepada Bapak Mohammad Nasrul Mubin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya, kepada kedua orang tua saya atas doa dan dukungan yang tak ternilai, serta kepada teman-teman yang telah membantu dan memberikan semangat selama proses penulisan skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapat balasan yang terbaik dari Allah SWT, dan semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang terkait.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Kepolisian RI, "Peraturan Kepolisian Negara Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2021 tentang Registrasi dan Identifikasi Kendaraan Bermotor," 2021.
- [2] Undang-Undang RI, "Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan," 2009.
- [3] Peraturan Pemerintah RI, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 60 Tahun 2016 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Kepolisian Negara Republik Indonesia," *Kementrian Sekr. Negara Republik Indones.*, 2016.
- [4] I. Afif, Pratikto, and Y. Sumantri, "Tinjauan Literatur Teknologi Identifikasi RFID dan QR-Code Sebagai Alat Pendukung Aliran Informasi di Dunia Industri," *EE Conf. Ser. 06*, vol. 6, no. 1, pp. 505–512, 2023, doi: 10.32734/ee.v6i1.1854.
- [5] J. Reswandi, P. Pangaribuan, and R. D. Atmaja, "Rancang Bangun Prototype Kendali Pintu Gerbang Parkir Berbasis Pelat Nomor Polisi Dan Barcode Menggunakan Pengolahan Citra Digital," vol. 13, pp. 1–9, 2015.
- [6] R. Alfina and M. Y. Andi, "Rancang bangun sistem keamanan parkir kendaraan roda dua dengan teknologi," 2023.
- [7] D. W. Pratomo, R. Lim, and T. Thiang, "Sistem Akses Parkir dengan QR Code," *J. Tek. Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 8–13, 2020, doi: 10.9744/jte.13.1.8-13.
- [8] I. G. T. Isa, "Perancangan Sistem Parkir QR Code Menggunakan Mikrokontroller Arduino Berbasis Android," *Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Multimed.* 2017, no. STMIK



AMIKOM Yogyakarta, 4 Februari 2017, pp. 25–30, 2017, [Online]. Available:  
<http://eprints.ummi.ac.id/57/>

