Jurnal Fakultas Teknik
Universitas Muhamadiyah Parepare
Vol. xx No. xx, Bulan 2025

PENGEMBANGAN E-PARKIR BERBASIS IOT MENGGUNAKAN KARTU SURAT IZIN MENGEMUDI (SIM)

Ali Baba[1*], Muhammad Basri[2], Alauddin Y[3]

*[1*23]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
**Email : penulispertama@email.com*

Abstract: Parking problems in public areas such as campuses, offices, and shopping centers often cause queues and levy leakage due to conventional systems that are still manual and not integrated. To overcome this, an efficient, safe, and automated parking system is needed. This research aims to develop an Internet of Things (IoT)-based e-Parking system by utilizing a Driver's License (SIM) card as a medium for user identification and authentication. The system consists of two main modules: balance top-up and parking entry/exit access. The components used include ESP32, RFID reader RC522, servo motor MG996R, OLED 128x32, buzzer, and push button. The top-up process is carried out by reading the RFID-based SIM card, selecting the nominal (Rp20,000–Rp100,000), then the data is sent to the server via a Wi-Fi connection. Test results show that the system is able to detect unregistered cards and perform automatic registration. The system also successfully deducts an automatic balance of Rp2,000 upon exit. From six entry and exit tests using the UID DA27574D card, the balance decreased from Rp20,000 to Rp14,000 according to system logic. The system's response to the card's insufficient balance was indicated by a warning message and the barrier remained closed. These results demonstrate that the developed e-Parking system works effectively and can improve transparency and security in digital-based parking management.

Keywords: e-Parking; IoT; RFID; SIM card; top-up system

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* telah memberikan dampak besar dalam bidang transportasi, termasuk pengelolaan sistem parkir. Sistem parkir konvensional yang masih manual sering menimbulkan masalah berupa antrean panjang, keterlambatan akses, dan kebocoran retribusi (Putra & Santoso, 2022). Untuk itu, berbagai penelitian telah mengusulkan solusi berbasis IoT, misalnya melalui penerapan sensor ultrasonik untuk deteksi kendaraan (Julianto, 2022), sistem informasi parkir berbasis aplikasi web (Devani et al., 2024), hingga integrasi pembayaran *cashless* berbasis QRIS (Fauzi et al., 2022).

Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada deteksi kendaraan atau mekanisme pembayaran digital, belum pada optimalisasi identifikasi pengguna dengan media resmi yang bersifat universal. Dalam konteks ini, penggunaan kartu Surat Izin

Mengemudi (SIM) berbasis RFID menawarkan keunggulan, sebab setiap pengendara diwajibkan memilikinya.

Penelitian ini mengembangkan sistem e-Parkir berbasis IoT yang memanfaatkan kartu SIM sebagai sarana autentikasi sekaligus media transaksi digital. Sistem dirancang menggunakan ESP32, RFID Reader RC522, motor servo, OLED display, buzzer, dan push button. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, keamanan, serta transparansi dalam manajemen parkir modern berbasis digital.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen dengan pendekatan rekayasa sistem (*research and development*). Penelitian ini berfokus pada perancangan, implementasi, Tujuan dari metode ini adalah membangun sistem yang dapat diuji kinerjanya secara langsung melalui serangkaian skenario uji coba untuk menilai efektivitas dan keandalannya (Sugiyono & Alfabeta.. (2021).

2.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Parepare pada tahun 2025.

2.3 Alat Dan Bahan

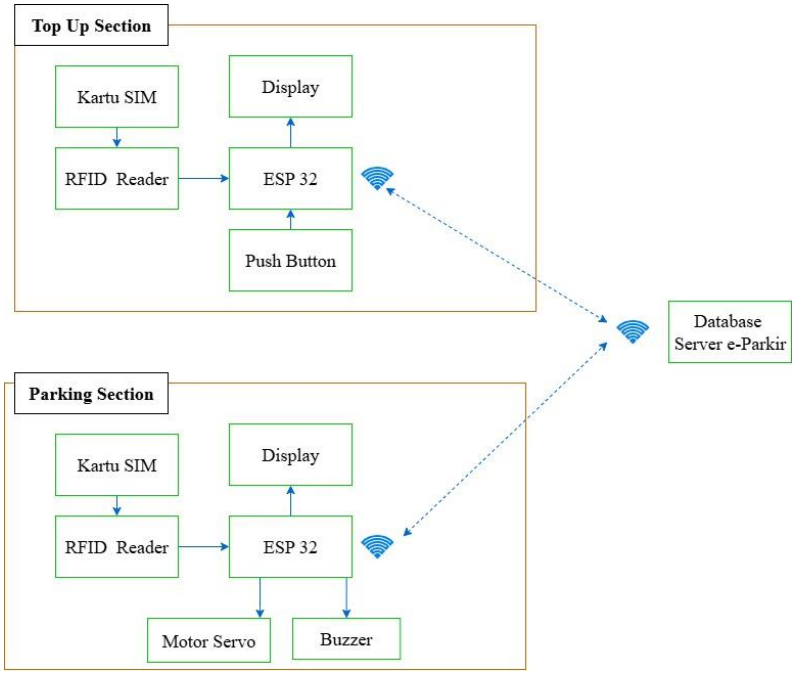
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari berbagai komponen yang dirancang untuk mendeteksi kartu SIM berbasis RFID dan mengendalikan proses akses parkir secara otomatis. Komponen-komponen tersebut dirinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Dan Bahan

No	Nama Komponen	Fungsi Utama
1	Mikrokontroler ESP32	Pusat kendali sistem, pemrosesan data, koneksi Wi-Fi
2	Modul RFID RC522	Membaca data kartu SIM berbasis RFID
3	Servo Motor MG996R	Menggerakkan palang parkir
4	OLED Display 128x32	Menampilkan status saldo dan akses parkir
5	Buzzer	Memberikan tanda bunyi
6	Push Button	Kontrol manual Topup
7	Jaringan Wi-Fi/Xmapp	Media komunikasi data dengan server
8	Arduino IDE	Perangkat lunak untuk pemrograman mikrokontroler

2.4 Rancangan Sistem

Sistem dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu Top Up Section yang berfungsi untuk proses pengisian saldo pada kartu SIM, serta Parking Section yang digunakan untuk proses masuk dan keluar area parkir. Hubungan antar komponen dalam sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram

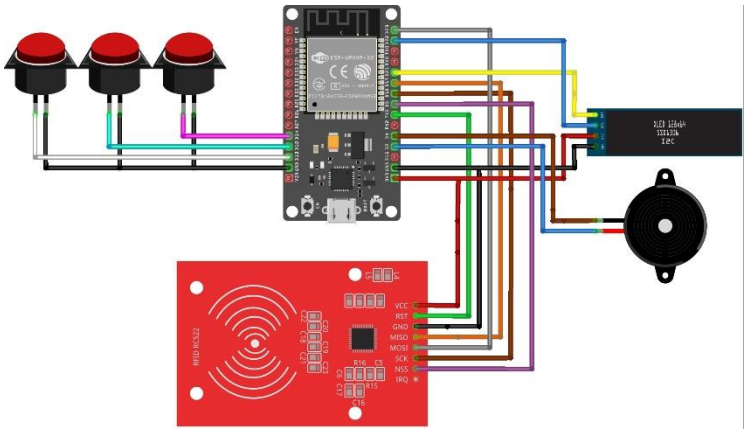
Blok diagram pada Gambar 1 menunjukkan alur kerja sistem e-Parkir berbasis IoT yang terdiri atas dua bagian utama, yaitu *Top Up Section* dan *Parking Section*. Pada bagian *Top Up Section*, kartu SIM berbasis RFID digunakan sebagai media identifikasi pengguna. Data dari kartu SIM dibaca oleh modul RFID RC522 kemudian dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Pengguna dapat memilih nominal saldo melalui push button, sementara status top-up ditampilkan pada OLED display. Selanjutnya, data transaksi dikirim ke server database e-Parkir melalui koneksi Wi-Fi agar saldo dapat diperbarui secara real-time.

Pada bagian *Parking Section*, proses akses masuk dan keluar kendaraan dilakukan dengan cara yang serupa. Kartu SIM dibaca oleh RFID reader dan diverifikasi oleh ESP32 dengan mengakses data pada server. Apabila saldo mencukupi, maka motor servo akan menggerakkan palang parkir agar terbuka, sementara buzzer memberikan sinyal bunyi sebagai indikator keberhasilan. Selain itu, OLED display menampilkan informasi saldo terbaru. Namun, jika saldo tidak mencukupi, sistem memberikan peringatan melalui buzzer dan palang parkir tetap tertutup. Dengan mekanisme ini, sistem e-Parkir mampu mengintegrasikan proses identifikasi, autentikasi, dan pembayaran secara otomatis dan transparan.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

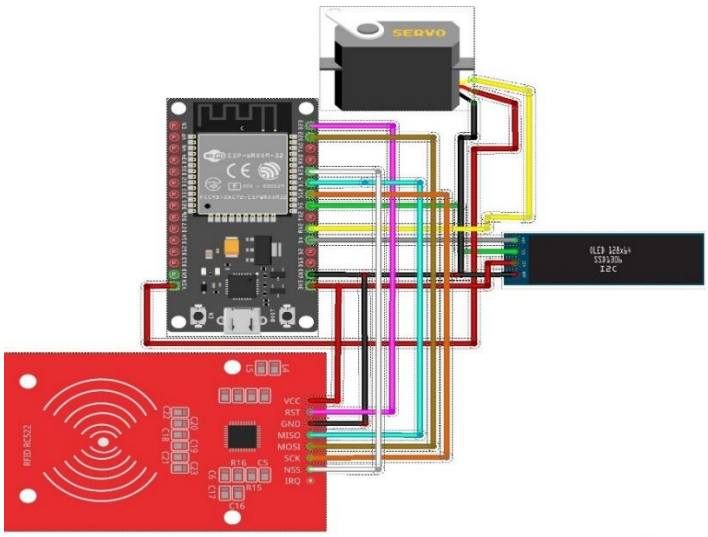
3.1 Perancangan Perangkat Keras

Pada perancangan perangkat keras, Kedua rangkaian ini dengan beberapa komponen utama yang digunakan disusun dan diintegrasikan , Ini dirancang untuk bekerja secara sinergis dalam mendukung proses identifikasi pengguna, pengisian saldo, serta pengendalian akses parkir otomatis.



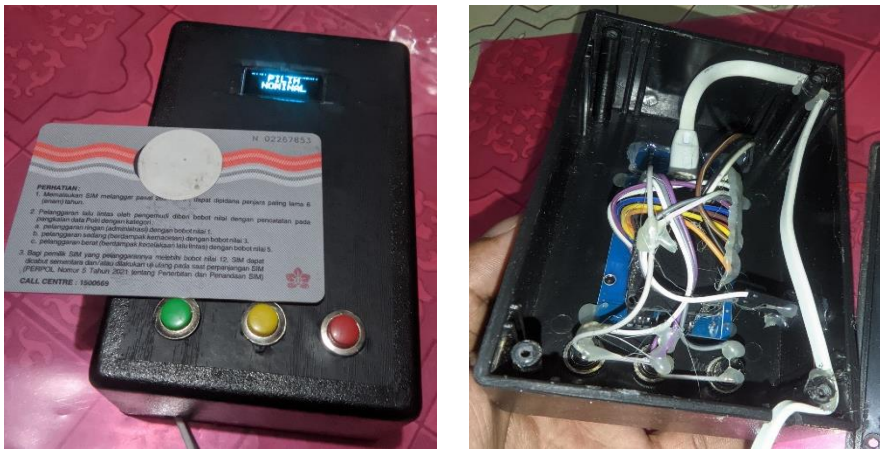
Gambar 2. Rangkaian Topup

Rangkaian Topup terdiri dari modul RFID RC522 yang digunakan untuk membaca data kartu SIM, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali, push button sebagai pemilih nominal saldo, buzzer sebagai indikator status akses, serta OLED display untuk menampilkan informasi saldo. Data hasil top-up dikirimkan ke server database e-Parkir melalui koneksi Wi-Fi sehingga saldo dapat diperbarui secara real-time.



Gambar 3. Rangkaian E-Parkir

Sementara itu, rangkaian e-Parkir mencakup modul RFID RC522 untuk proses identifikasi kartu SIM, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, motor servo MG996R sebagai penggerak palang parkir, serta OLED display yang menampilkan informasi saldo pengguna. Rangkaian ini berfungsi untuk memverifikasi saldo pengguna pada server dan mengatur akses masuk maupun keluar kendaraan. Kedua rangkaian tersebut saling terhubung melalui koneksi nirkabel dengan server database, sehingga sistem mampu melakukan proses autentikasi dan transaksi parkir secara otomatis, cepat, dan transparan.



Gambar 4. Realisasi Rangkaian Topup



Gambar 5. Realisasi Rangkaian E-Parkir

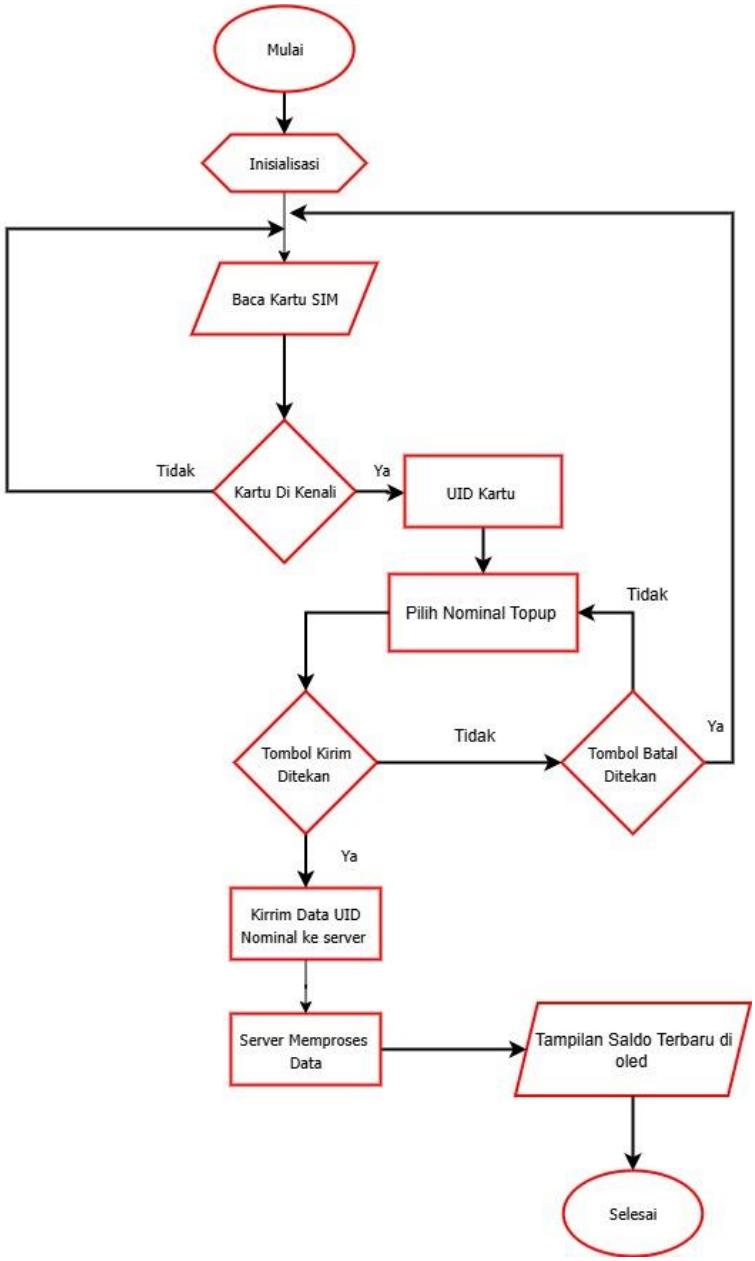
3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak pada sistem e-Parkir berbasis IoT ini dibuat menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui Arduino IDE. Perangkat lunak dirancang untuk mengendalikan seluruh komponen perangkat keras, mulai dari proses identifikasi kartu SIM, pengisian saldo, hingga verifikasi akses parkir. Perancangan perangkat lunak sistem dibagi menjadi dua bagian, yaitu program modul Top Up dan program modul e-Parkir
Pada modul Top Up, algoritma yang dirancang bertugas membaca data dari kartu SIM berbasis RFID, memproses input nominal saldo dari push button, menampilkan informasi

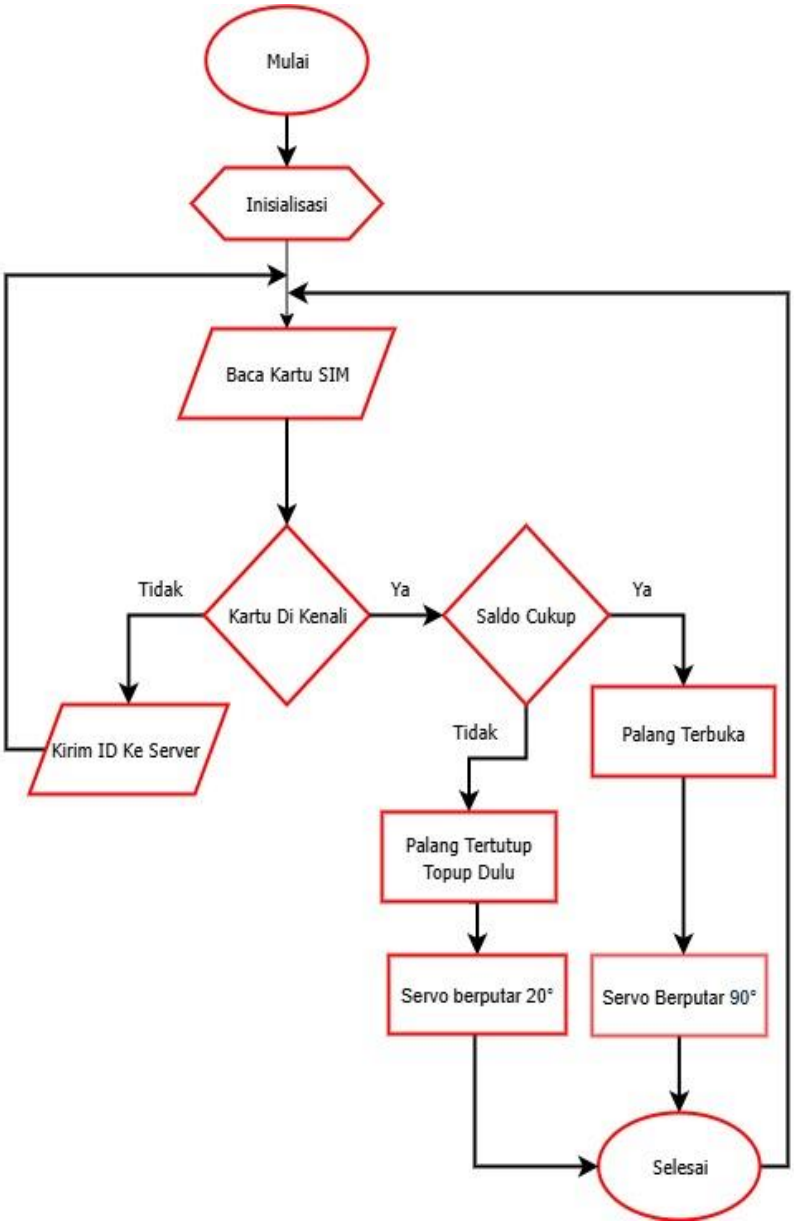
status pada OLED display, serta mengirimkan data transaksi ke server melalui koneksi Wi-Fi untuk memperbarui saldo secara real-time.

Sedangkan pada modul e-Parkir, perangkat lunak bertugas membaca UID kartu SIM, memverifikasi data saldo pada server, serta mengendalikan servo motor untuk membuka atau menutup palang parkir sesuai kondisi saldo. Selain itu, buzzer diaktifkan sebagai indikator status akses, sementara OLED display menampilkan informasi saldo terbaru.

Alur kerja perangkat lunak digambarkan dalam bentuk flowchart sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Flowchart ini menjelaskan secara berurutan proses identifikasi, autentikasi, transaksi saldo, dan respon sistem terhadap kondisi saldo mencukupi maupun tidak mencukupi.



Gambar 6. Diagram Topup



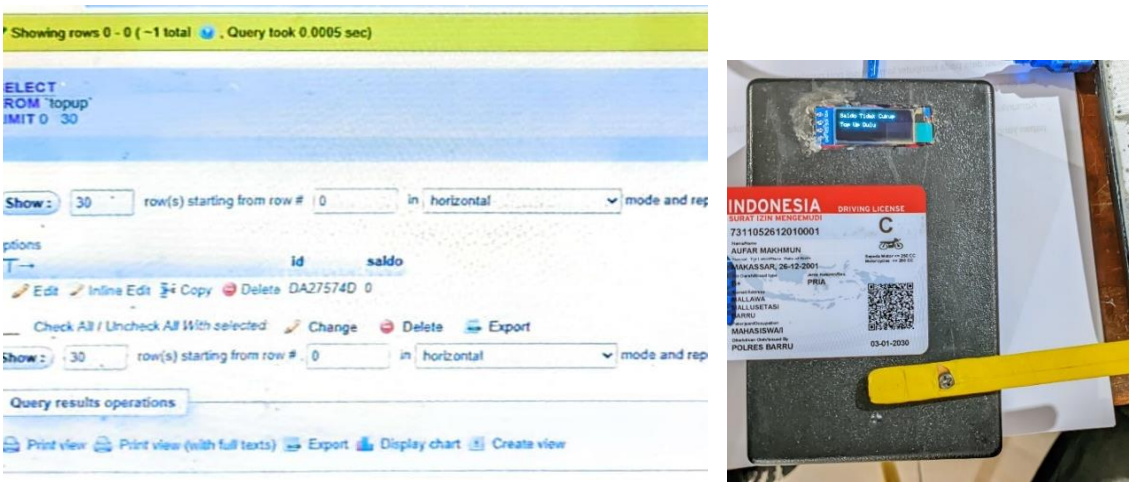
Gambar 7. Diagram E-Parkir

Pada gambar di atas sistem e-Parkir berbasis IoT terdiri dari dua bagian, yaitu Diagram Top Up dan Diagram e-Parkir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Pada bagian Diagram Top Up, proses diawali dengan membaca data UID dari kartu SIM menggunakan modul RFID. Apabila kartu terdeteksi, sistem menampilkan identitas pengguna pada OLED display, Selanjutnya, pengguna memilih nominal saldo melalui push button, buzzer berbunyi sebagai tanda akses berhasi kemudian data top up dikirimkan ke server melalui koneksi Wi-Fi untuk diperbarui secara real-time. Apabila proses berhasil, sistem menampilkan saldo terbaru pada OLED display, sedangkan apabila terjadi kegagalan maka sistem akan memberikan peringatan melalui tampilan OLED display dan gagal terkirim ke server.

Sementara itu, Diagram e-Parkir menjelaskan alur akses masuk dan keluar kendaraan. Proses dimulai dengan mendekatkan kartu SIM ke modul RFID. Sistem membaca UID kartu dan memverifikasinya dengan data pada server. Jika kartu terdaftar dan saldo mencukupi, maka servo motor akan membuka palang parkir, saldo pengguna otomatis terpotong sebesar Rp2.000. OLED display kemudian menampilkan sisa saldo. Namun, apabila saldo tidak mencukupi, maka sistem menolak akses dengan memberikan peringata dan palang parkir tetap tertutup.
Dengan alur ini, perangkat lunak mampu mengintegrasikan proses identifikasi, autentikasi, serta transaksi saldo secara otomatis sehingga meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam pengelolaan parkir.

3.3 Pengujian Kartu Tidak Terisi Saldo

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem e-Parkir merespons ketika pengguna mencoba menggunakan kartu RFID yang tidak memiliki saldo atau saldonya berada di bawah batas minimum yang telah ditentukan, yaitu Rp2.000. Pada skenario ini, kartu RFID yang sudah terdaftar di basis data tetapi dengan saldo nol ditempelkan ke modul RFID. Sistem kemudian membaca UID kartu dan meminta informasi saldo dari server melalui koneksi Wi-Fi. Setelah server mengembalikan data saldo, sistem melakukan validasi terhadap jumlah saldo yang tersedia. Jika saldo kurang dari Rp2.000, maka sistem menampilkan pesan pada OLED berupa "Saldo Tidak Cukup" dan "Top Up Dulu" sebagai peringatan kepada pengguna. Selain itu, motor servo tidak bergerak sehingga palang parkir tetap tertutup, menandakan bahwa akses ditolak.



Gambar 8. Pengujian Kartu Tidak Terisi Saldo

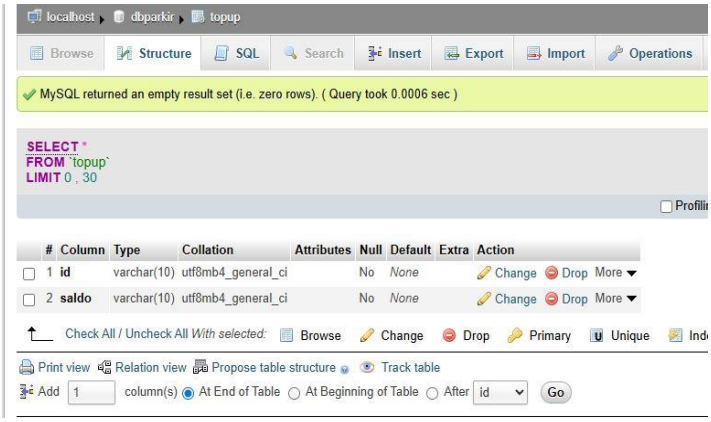
Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sistem e-Parkir mampu melakukan validasi saldo secara konsisten dan akurat. Integrasi antara perangkat keras (ESP32, RFID reader, servo, OLED display) dengan perangkat lunak berbasis server (PHP dan MySQL) berjalan dengan baik, sehingga kondisi saldo yang tidak mencukupi dapat langsung dideteksi dan ditindaklanjuti. Dengan demikian, sistem terbukti dapat mencegah akses keluar tanpa saldo yang cukup, sekaligus memastikan keamanan dan transparansi dalam pengelolaan parkir digital.

3.4 Pengujian Kartu Tidak Terdaftar

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bagaimana sistem e-Parkir merespons apabila ada kartu SIM berbasis RFID yang belum terdaftar pada basis data. Pada skenario ini, kartu baru yang belum dikenali ditempelkan pada modul RFID. Sistem kemudian membaca UID kartu dan melakukan pencocokan data dengan server. Jika UID tidak ditemukan pada basis data, sistem secara otomatis menolak akses masuk dengan menampilkan pesan "Kartu Tidak Terdaftar" pada OLED display serta menjaga palang parkir tetap tertutup.

Namun, sistem juga dilengkapi dengan mekanisme registrasi otomatis. Setelah kartu tersebut melakukan proses *top-up* pertama kali, UID kartu langsung disimpan pada server database dan terdaftar sebagai pengguna baru. Dengan demikian, kartu dapat digunakan untuk akses masuk maupun keluar pada transaksi berikutnya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kartu yang belum terdaftar dan mencegah akses ilegal. Selain itu, proses registrasi otomatis berjalan dengan baik sehingga kartu baru dapat langsung digunakan setelah dilakukan pengisian saldo awal. Hal ini membuktikan bahwa sistem memiliki fleksibilitas dalam menambah pengguna baru tanpa mengurangi aspek keamanan dan transparansi transaksi.



Gambar 9. Pengujian Kartu Tidak Terdaftar

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, sistem mampu membedakan antara kartu yang sudah terdaftar dan kartu yang belum terdaftar. Pada pengujian kartu tidak terdaftar (UID: BA27574D), sistem merespons dengan menolak akses masuk dan menampilkan pesan bahwa kartu tidak dikenali oleh basis data. Kondisi ini ditandai dengan palang parkir tetap tertutup serta munculnya instruksi bahwa kartu harus melakukan proses *top-up* terlebih dahulu untuk dapat digunakan.

Menariknya, sistem dilengkapi dengan mekanisme registrasi otomatis, di mana kartu baru yang belum terdaftar akan secara langsung dimasukkan ke dalam basis data setelah dilakukan proses *top-up* pertama kali. Hal ini memungkinkan kartu tersebut dapat digunakan pada transaksi berikutnya tanpa perlu dilakukan registrasi manual oleh administrator.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem e-Parkir yang dirancang tidak hanya mampu mendeteksi dan menolak kartu tidak terdaftar, tetapi juga memberikan solusi praktis dengan menambahkan kartu baru ke dalam database secara otomatis. Dengan demikian, aspek keamanan tetap terjaga karena akses awal tetap ditolak, sementara fleksibilitas penggunaan meningkat karena pengguna baru dapat segera mengaktifkan kartunya setelah melakukan pengisian saldo.

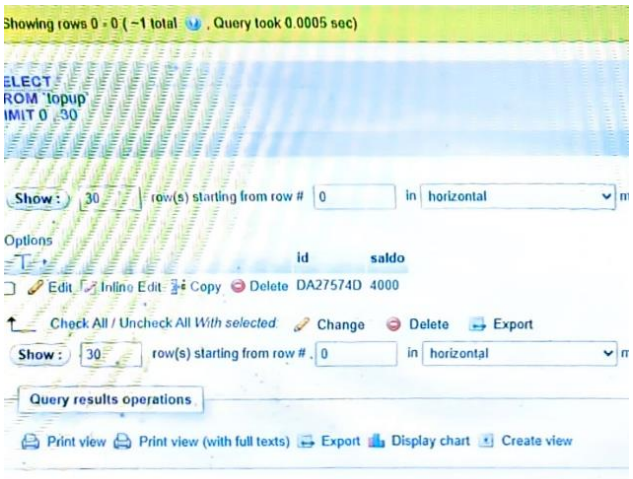
Tabel 2. Pengujian Kartu Tidak Terdaftar

No.	Jenis Kartu	UID Kartu	Respon Sistem	Status Akses	Keterangan
1	Terdaftar	DA27574D	Saldo dibaca: Rp20.000. Akses diberikan.	Terbuka	Palang terbuka, saldo berkurang Rp2.000
2	Terdaftar	DA27574D	Saldo dibaca: Rp10.000. Akses diberikan.	Terbuka	Saldo mencukupi
3	Tidak Terdaftar	BA27574D	UID tidak dikenali. Registrasi otomatis dimulai.	Tertutup	Kartu harus top-up terlebih dahulu untuk akses
4	Tidak Terdaftar	BA27574D	UID tidak dikenali. Tidak ada data di database.	Tertutup	Sistem menolak akses
5	Terdaftar (Saldo < 2000)	DA27574D	Saldo: Rp1.000. Akses ditolak.	Tertutup	Pesan "Saldo tidak cukup" muncul di OLED

3.5 Pengujian Topup Saldo

Pengujian top-up saldo dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menambahkan saldo pada kartu SIM berbasis RFID sesuai dengan nominal yang dipilih pengguna. Proses diawali dengan mendekatkan kartu ke modul RFID RC522, kemudian pengguna menekan push button untuk menentukan nominal top-up yang tersedia (Rp20.000, Rp30.000, Rp50.000, dan Rp100.000). Setelah nominal dipilih, mikrokontroler ESP32 mengirimkan data transaksi ke server melalui koneksi Wi-Fi. Server kemudian memperbarui saldo pada database, dan hasilnya ditampilkan secara real-time pada OLED display.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil melakukan top-up pada setiap skenario uji. Sebagai contoh, kartu dengan saldo awal Rp0 setelah dilakukan top-up Rp20.000, saldo bertambah menjadi Rp20.000. Pada uji berikutnya, ketika dilakukan top-up Rp30.000, saldo bertambah menjadi Rp50.000 sesuai logika sistem. Seluruh data transaksi tercatat pada database server, dan tampilan saldo pada OLED sesuai dengan hasil top-up.



Gambar 10. Pengujian Topup Saldo

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2, sistem e-Parkir berbasis IoT menunjukkan kinerja yang konsisten dalam melakukan proses top-up saldo. Setiap nominal yang dipilih melalui push button berhasil ditambahkan ke saldo sebelumnya secara kumulatif dan ditampilkan secara real-time pada OLED display. Sebagai contoh, kartu dengan UID DA27574D yang awalnya memiliki saldo Rp0 bertambah menjadi Rp20.000 setelah dilakukan top-up pertama, kemudian meningkat menjadi Rp50.000 setelah top-up Rp30.000, dan terus bertambah hingga mencapai Rp200.000 setelah top-up keempat sebesar Rp100.000. Hasil ini selaras dengan data yang tercatat pada server database sehingga membuktikan bahwa integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak server berjalan stabil.

Keberhasilan sistem dalam menampilkan pesan konfirmasi "Saldo Anda: …" pada OLED serta mencatat transaksi dengan benar pada database menegaskan bahwa komunikasi antara mikrokontroler ESP32, modul RFID RC522, dan server melalui koneksi Wi-Fi dapat diandalkan. Dengan demikian, fitur top-up saldo dinilai efektif, transparan, dan akurat dalam mendukung kebutuhan pengguna.

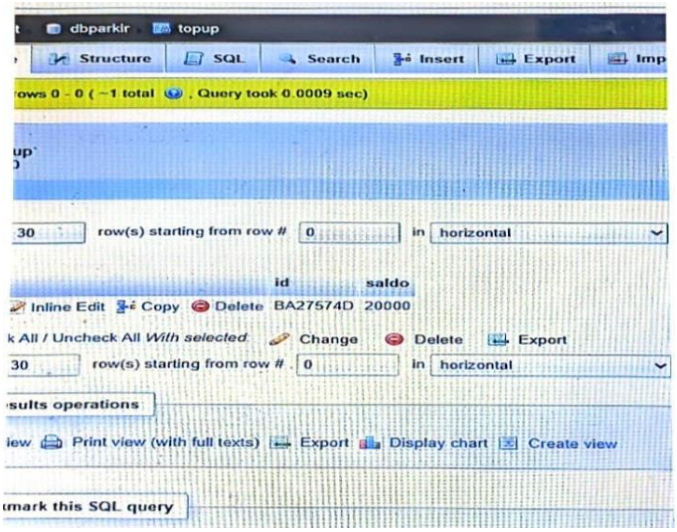
Tabel 3. Pengujian Topup Saldo

No	UID Kartu	Nominal Dipilih	Input Tombol	Output OLED	Server Database
1	DA27574D	Rp20.000	Tombol Kirim	"Saldo Anda: Rp20.000"	20.000
2	DA27574D	Rp30.000	Tombol Kirim	"Saldo Anda: Rp50.000"	50.000
3	DA27574D	Rp50.000	Tombol Kirim	"Saldo Anda: Rp100.000"	100.000
4	DA27574D	Rp100.000	Tombol Kirim	"Saldo Anda: Rp200.000"	200.000

3.6 Pengujian Pengurangan Saldo

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan mekanisme pemotongan saldo otomatis saat pengguna keluar dari area parkir. Proses dimulai dengan mendekatkan kartu SIM berbasis RFID ke modul pembaca pada gerbang keluar. Sistem membaca UID kartu, kemudian melakukan verifikasi saldo pada server database. Apabila saldo mencukupi, yaitu lebih dari atau sama dengan Rp2.000, maka servo motor akan bergerak membuka palang parkir, buzzer berbunyi sebagai indikator keberhasilan, dan saldo pengguna secara otomatis dipotong sebesar Rp2.000. Informasi saldo terbaru ditampilkan pada OLED display dan diperbarui secara real-time pada server database.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengurangi saldo secara konsisten sesuai logika yang dirancang. Sebagai contoh, kartu dengan saldo Rp20.000 berhasil digunakan untuk akses keluar, saldo otomatis berkurang menjadi Rp18.000, dan akses diberikan dengan palang terbuka. Hal yang sama terjadi pada pengujian berikutnya hingga saldo mencapai batas minimum. Namun, ketika saldo pengguna kurang dari Rp2.000, sistem menolak akses dengan menampilkan pesan "Saldo Tidak Cukup" pada OLED, buzzer berbunyi sebagai tanda peringatan, dan palang parkir tetap tertutup.



Gambar 11. Pengujian Pengurangan Saldo

hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, sistem e-Parkir berbasis IoT mampu melaksanakan proses pemotongan saldo secara otomatis ketika kendaraan keluar dari area parkir. Pada percobaan pertama, kartu dengan saldo Rp20.000 saat digunakan untuk akses masuk tidak mengalami perubahan saldo karena tarif hanya dikenakan pada saat keluar. Setelah kendaraan keluar pada percobaan kedua, sistem memotong saldo sebesar Rp2.000 sehingga saldo berkurang menjadi Rp18.000. Pola ini berulang pada percobaan berikutnya, di mana setiap kali kartu digunakan untuk keluar, saldo berkurang sebesar Rp2.000 dan ditampilkan pada OLED display, sementara database server memperbarui saldo secara konsisten.

Respon sistem juga ditunjukkan dengan tampilan OLED berupa informasi saldo terbaru setelah transaksi berhasil, sedangkan ketika kartu digunakan untuk akses masuk, OLED hanya menampilkan status "Palang Tertutup" karena tarif tidak dikenakan. Dengan demikian, sistem mampu membedakan secara tepat antara kondisi masuk dan keluar.

Hasil pengujian ini membuktikan bahwa integrasi antara modul RFID, mikrokontroler ESP32, servo motor, OLED, dan server database berjalan sesuai logika rancangan. Pemotongan saldo sebesar Rp2.000 pada setiap transaksi keluar berhasil diterapkan tanpa adanya kesalahan, sehingga sistem terbukti handal dalam mendukung pengelolaan transaksi parkir secara otomatis, transparan, dan aman.

Tabel 4. Pengujian Pengurangan Saldo

No	UID Kartu	Saldo Awal	Status Masuk	Aksi	Saldo Sesudah	Output OLED	Database
1	DA27574D	Rp20.000	Belum Masuk	Tap kartu (Masuk)	Rp20.000	"Palang Tertutup"	20.000
2	DA27574D	Rp20.000	Sudah Masuk	Tap kartu (Keluar)	Rp18.000	"Saldo: Rp18.000"	18.000
3	DA27574D	Rp18.000	Belum Masuk	Tap kartu (Masuk)	Rp18.000	"Palang Tertutup"	18.000
4	DA27574D	Rp18.000	Sudah Masuk	Tap kartu (Keluar)	Rp16.000	"Saldo: Rp16.000"	16.000
5	DA27574D	Rp16.000	Belum Masuk	Tap kartu (Masuk)	Rp16.000	"Palang Tertutup"	16.000
6	DA27574D	Rp16.000	Sudah Masuk	Tap kartu (Keluar)	Rp14.000	"Saldo: Rp14.000"	14.000

3. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem e-Parkir berbasis IoT dengan memanfaatkan kartu SIM sebagai media identifikasi dan autentikasi pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca kartu SIM berbasis RFID, melakukan registrasi otomatis untuk kartu baru, serta mengelola saldo melalui mekanisme *top-up* secara real-time. Fitur *top-up* saldo berjalan konsisten, di mana setiap nominal yang dipilih berhasil ditambahkan secara kumulatif dan ditampilkan pada OLED display serta tersimpan pada server database. Selain itu, mekanisme pemotongan saldo otomatis sebesar Rp2.000 pada saat kendaraan keluar juga berfungsi dengan baik, ditandai dengan saldo berkurang sesuai logika sistem dan penolakan akses apabila saldo tidak mencukupi. Integrasi antara perangkat keras, seperti ESP32, RFID RC522, servo motor, OLED, buzzer, dan push button, dengan perangkat lunak server berbasis PHP dan MySQL berjalan sesuai rancangan sehingga sistem mampu meningkatkan transparansi, keamanan, dan efisiensi dalam pengelolaan parkir digital. Dengan demikian, sistem e-Parkir yang dikembangkan dinilai efektif, praktis, dan dapat menjadi solusi modern untuk manajemen parkir otomatis.

REFERENSI

Andeta, A. (2024). *RANCANGAN STRATEGI PENGUATAN TRANSAKSI QRIS PADA RETRIBUSI PARKIR DI KOTA SEMARANG* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).

Devani, A., Nugroho, S., Jannah, W., & Sarti, I. H. (2024). Perancangan Sistem Informasi Tempat Parkir Berbasis Aplikasi Web di Universitas Islam Balitar. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem*, 12(2), 45–54.

Fauzi, M. F., Nurcholis, T., Kuswanto, J., Abdulloh, F. F., & Amrulloh, Y. A. (2022). Inovasi Sistem Pembayaran E-Parkir Cashless dengan Teknologi Hybrid Payment System Berbasis QRIS. *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 10(3), 155–163.

Fonna, M. Z., Husaini, H., & Indrawati, I. (2020). Penerapan IoT (Internet of Things) untuk Pemberian Pakan Ikan pada Aquarium. *Jurnal Teknologi Rekayasa Informasi dan Komputer*, 3(2), 67–72.

Julianto, T. A. (2022). Rancang Bangun Sistem Penerangan Area Parkir Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32. *Jurnal Elektro dan Informatika*, 8(1), 11–20.

Putra, A., & Santoso, B. (2022). Sistem Parkir Otomatis Berbasis IoT Menggunakan RFID dan Aplikasi Mobile. *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektro*, 9(2), 45–53.

Salsabila, S., Anwar, A., & Syahputra, G. (2024). Implementation of *RFID-Based* Attendance Integrated with Management Systems and Notifications via WhatsApp. *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, *4*(2), 85-93.

Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D* (Edisi ke-2, cetakan ke-3). Bandung: Alfabeta.

Suryani, I., & Kurniawan, B. (2021). Analisis Efisiensi Sistem Parkir Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Mikrokontroler. *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 13(2), 144–152.

Lestari, P., & Gunawan, D. (2021). Sistem Parkir Otomatis Berbasis QR Code dengan Integrasi Database Online. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 9(2), 99–107.