RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI DAN KENDALI JARAK JAUH KREY TOKO BERBASIS WEB

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

PUTRI FATMALASARI HARAHAP

NPM. 2209020032

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI DAN KENDALI JARAK JAUH KREY TOKO BERBASIS WEB

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer (S.Kom) dalam Program Studi Tenologi Infromasi. pada Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

PUTRI FATMALASARI HARAHAP
NPM. 2209020032

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFROMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi	:	RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI DAN KENDALI JARAK JAUH KREY TOKO BERBASIS WEB
Nama Mahasiswa	:	PUTRI FATMALASARI HARAHAP
NPM	:	2209020032
Program Studi	:	TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing

(Martinno S.Pd, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0128029302

Ketua Program Studi	Dekan
(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom, M.Kom)	(Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom.)
NIDN. 0117019301	NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI DAN KENDALI JARAK JAUH KREY TOKO BERBASIS WEB

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 21 September 2026

Yang membuat pernyataan



Putri Fatmalasari Harahap

NPM. 2209020032

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap	: Putri Fatmalasari Harahap
Tempat dan Tanggal Lahir	: Sipadan 19-12-2002
Alamat Rumah	: Dusun Bongal
Telepon/Faks/HP	: 082272589785
E-mail	: putrifatmalasari74@gmail.com
Instansi Tempat Kerja	: -
Alamat Kantor	: -

DATA PENDIDIKAN

SD	: NO 100904 Mabang Pasir	TAMAT: 2016
SMP	: Negeri 2 Muara Batangtoru	TAMAT: 2019
SMK	: Negeri 1 Muara Batangtoru	TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Otomasi dan Kendali Jarak Jauh Krey Toko Berbasis Web" dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Firahmi Rizky, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Mhd. Basri, S.Si., M.Kom., selaku Wakin Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Martiano, S.Pd., S.Kom., M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan.
9. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, kasih sayang, semangat, serta motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses penyusunan skripsi.
11. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi

penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun pembaca serta dapat menjadi referensi dalam pengembangan sistem otomasi dan kendali jarak jauh berbasis web.

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMASI DAN KENDALI JARAK JAUH KREY TOKO BERBASIS WEB

ABSTRAK

Krey toko sebagai penghalang fisik utama terhadap ancaman keamanan masih banyak dioperasikan secara manual, sehingga rentan terhadap kelalaian operasional seperti lupa menutup krey saat toko ditinggalkan. Penelitian ini bertujuan merancang sistem otomasi dan kendali jarak jauh krey toko berbasis ESP32 yang dapat dikendalikan dan dipantau melalui antarmuka web, guna meningkatkan keamanan sekaligus efisiensi operasional toko. Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* dengan pendekatan *prototyping*. Sistem dibangun menggunakan ESP32 sebagai unit pemroses sekaligus *web server* lokal, Motor DC 12V sebagai aktuator, *driver* motor L298N, serta dua *limit switch* sebagai pembatas posisi buka dan tutup. Antarmuka web dibangun menggunakan PHP, CSS, dan *JavaScript* dengan pembaruan status *real-time* melalui mekanisme *AJAX polling*. Pengujian dilakukan melalui *Black Box Testing* terhadap delapan skenario fungsional dan pengujian waktu respons sebanyak sepuluh kali percobaan untuk masing-masing perintah buka dan tutup. Hasil pengujian menunjukkan seluruh skenario fungsional berstatus *pass* dengan persentase keberhasilan 100%, serta rata-rata waktu respons sistem sebesar 605,4 milidetik, dengan nilai minimum 578 ms dan maksimum 641 ms. Hasil ini membuktikan bahwa sistem mampu merespons perintah secara cepat dan konsisten. Integrasi ESP32, motor DC, *limit switch*, dan *web server* lokal efektif untuk meng-otomasi krey toko serta meningkatkan keamanan melalui kendali jarak jauh dan pemantauan status *real-time*, meskipun jangkauan kendali masih terbatas pada jaringan Wi-Fi lokal dan belum dilengkapi autentikasi pengguna.

Kata Kunci : ESP32, Otomasi Krey Toko, *Internet of Things*, Kendali jarak jauh, *Web Server*

DESIGN AND DEVELOPMENT OF A WEB-BASED REMOTE CONTROL AND AUTOMATION SYSTEM FOR A RETAIL STORE

ABSTRACT

Store shutters, as the primary physical barrier against security threats, are still largely operated manually, making them vulnerable to operational oversights such as forgetting to close the shutters when the store is unattended. This study aims to design an ESP32-based automation and remote control system for store shutters that can be controlled and monitored via a web interface, in order to enhance both security and operational efficiency. This study employs a Research and Development methodology with a prototyping approach. The system was built using an ESP32 as both the processing unit and a local web server, a 12V DC motor as the actuator, an L298N motor driver, and two limit switches to control the open and closed positions. The web interface was developed using PHP, CSS, and JavaScript with real-time status updates via an AJAX polling mechanism. Testing was conducted via Black Box Testing on eight functional scenarios and response time testing with ten trials for each open and close command. The test results showed that all functional scenarios passed with a 100% success rate, and the average system response time was 605.4 milliseconds, with a minimum of 578 ms and a maximum of 641 ms. These results demonstrate that the system is capable of responding to commands quickly and consistently. The integration of the ESP32, a DC motor, a limit switch, and a local web server is effective for automating store shutters and enhancing security through remote control and real-time status monitoring, although the control range is still limited to the local Wi-Fi network and does not yet include user authentication.

Keywords: ESP32, Store Automation, Internet of Things, Remote Control, Web Server

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
PERNYATAAN ORISINALITAS ..... **ii**
RIWAYAT HIDUP ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
ABSTRAK ..... **viii**
ABSTRACT ..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xiii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 4
1.3. Batasan Masalah 5
1.4. Tujuan Penelitian 6
BAB II LANDASAN TEORI **8**
2.1. Sistem Otomasi 8
2.2. Jenis – Jenis Krey 9
2.3. Perangkat yang Digunakan 12
2.3.1. Mikrokontroller ESP32 12
2.3.2. Motor DC 13
2.3.3. Motor Driver L298N 14
2.3.4. Limit Switch 15
2.3.5. Step – Down Module 16
2.4. ESP32 Web Server 17
2.5. Flowchart (Diagram Alir) 18
2.6. Penelitian Terdahulu 19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN **26**
3.1. Penelitian Terdahulu 26
3.2. Tahapan Penelitian 27
3.2.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur 27
3.2.2. Perancangan Sistem 28
3.2.3. Implementasi dan Perancangan Prototype 36
3.2.4. Pengujian Sistem 37

3.2.5. Teknik Analisis Data 39
3.3. Wiring Diagram Sistem 40
3.4. Jadwal Penelitian 42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 43
4.1. Hasil Implementasi Sistem 43
4.1.1. Implementasi Perangkat Keras 43
4.1.2. Implementasi Perangkat Lunak 44
4.1.3. Hasil Implementasi Antarmuka Web 45
4.2. Hasil Pengujian Fungsional (Black Box Testing) 45
4.2.1. Analisis Hasil Pengujian Fungsional 48
4.3. Hasil Pengujian Respons Waktu 49
4.3.1. Analisis Hasil Pengujian Respons Waktu 50
4.4. Pembahasan 51
4.4.1. Ketercapaian Tujuan Penelitian 51
4.4.2. Kelebihan Sistem 52
4.4.3. Keterbatasan Sistem 53
BAB V PENUTUP 54
5.1. Kesimpulan 54
5.2. Saran 55
DAFTAR PUSTAKA 58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu 22
Tabel 3.1 Perancangan komponen antar muka web..... 32
Tabel 3.2 Rancangan Pengujian Sistem..... 38
Tabel 3.3 Pemetaan Pin ESP32, Jalur GND, dan Kebutuhan Arus Komponen.... 41
Tabel 3.4 Jadwal Penelitian..... 42
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Skrenario..... 46
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Respons Waktu (Skenario BUKA)..... 49
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Respons Waktu (Skenario TUTUP) 49
Tabel 4.4 Ketercapaian Tujuan Penelitian 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Krey Besi 10
Gambar 2.2 Krey Aluminium 10
Gambar 2.3 Krey PVC 11
Gambar 2.4 Krey Kaca 11
Gambar 2.5 ESP32 Dev Module 13
Gambar 2.6 Motor DC 13
Gambar 2.7 Motor Driver L298N 14
Gambar 2.8 Micro Limit Switch 15
Gambar 2.9 Stepdown Module 16
Gambar 2.10 Simbol Flowchart 18
Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian 27
Gambar 3.2 Diagram Blok Hardware 29
Gambar 3.3 Flowchart Rancangan Perangkat Lunak 31
Gambar 3.4 Use case Diagram 33
Gambar 3.5 Sequence Diagram 35
Gambar 3.6 Wiring diagram sistem otomasi krey berbasis ESP32 40
Gambar 4.1 Hasil Implementasi Perangkat Keras 44
Gambar 4.2 Antarmuka Website 45

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi informasi yang pesat membawa dampak besar pada berbagai sektor kehidupan, termasuk dunia usaha ritel. Salah satu teknologi yang semakin banyak diterapkan dalam kehidupan sehari-hari adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet sehingga perangkat-perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis (Sajiwo & Martiano, 2025). Dengan kemampuan ini, IoT membuka peluang besar bagi pelaku usaha untuk mengelola toko mereka secara lebih efisien dan modern.

Keamanan toko merupakan salah satu aspek yang tidak bisa diabaikan dalam menjalankan usaha ritel. Pencurian, baik yang dilakukan oleh pengunjung maupun pihak internal, menjadi ancaman nyata yang dapat merugikan pemilik toko secara finansial dan merusak reputasi bisnis (Waris et al., 2023). Selain itu, kejahatan seperti perampokan dan perusakan properti juga menjadi risiko yang sering dihadapi oleh pelaku usaha ritel di Indonesia. Tanpa sistem keamanan yang memadai, toko menjadi rentan terhadap berbagai tindak kriminal yang berpotensi menurunkan omzet dan mengurangi kepercayaan pelanggan (Erlina & Fikri, 2023).

Salah satu elemen penting dalam sistem keamanan toko adalah krey (penutup toko), yaitu penutup berbentuk pintu lipat atau jalusi yang biasa dipasang di bagian depan toko. Krey berfungsi sebagai penghalang fisik pertama yang melindungi toko dari ancaman luar, terutama pada saat toko tutup. Namun, pada praktiknya,

pengoperasian krey masih dilakukan secara manual, di mana pemilik atau karyawan toko harus membuka dan menutupnya sendiri setiap hari. Cara ini dinilai kurang efisien karena membutuhkan tenaga dan waktu, serta berisiko menimbulkan kelalaian seperti lupa menutup krey saat toko hendak ditinggalkan, yang pada akhirnya dapat membahayakan keamanan toko.

Di sisi lain, kenyamanan pelanggan juga menjadi faktor yang memengaruhi keberhasilan sebuah toko. Suasana toko yang terbuka dan mudah diakses akan membuat pelanggan merasa lebih nyaman untuk masuk dan berbelanja. Dengan mengintegrasikan sistem otomasi pada krey, toko dapat mengatur waktu buka dan tutup secara terjadwal maupun dikendalikan dari jarak jauh, sehingga menciptakan kesan toko yang lebih terorganisasi dan profesional.

Berdasarkan permasalahan tersebut, sistem otomasi krey yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk mendukung empat bentuk keamanan yang secara langsung dirasakan oleh pemilik toko. Pertama, kendali jarak jauh memungkinkan pemilik toko menutup krey dari mana saja melalui website apabila lupa menutupnya saat meninggalkan toko, sehingga toko tidak dibiarkan terbuka tanpa pengawasan dalam waktu lama. Kedua, pemantauan status secara *real-time* memberikan kepastian kepada pemilik toko mengenai posisi krey (terbuka atau tertutup) kapan saja tanpa harus datang langsung ke lokasi. Ketiga, *push notification* yang dikirimkan setiap kali status krey berubah memungkinkan pemilik toko mendeteksi secara dini apabila terjadi pergerakan krey di luar kehendaknya, sehingga respons terhadap potensi ancaman dapat dilakukan lebih cepat. Keempat, mekanisme penghentian otomatis melalui *limit switch* mencegah motor penggerak terus berputar setelah krey mencapai posisi akhir, sehingga mengurangi risiko

kerusakan mekanis yang dapat membuat krey gagal berfungsi sebagai pelindung toko.

Selain manfaat bagi keamanan, sistem ini juga menghadirkan tiga bentuk kenyamanan operasional bagi pemilik toko. Pertama, krey dapat dibuka dan ditutup tanpa memerlukan tenaga fisik untuk menarik atau mendorong badan krey secara manual setiap hari, sehingga mengurangi beban kerja rutin pemilik maupun karyawan toko. Kedua, krey dapat dibuka dari jarak jauh sebelum pemilik tiba di lokasi, misalnya agar karyawan dapat mulai mempersiapkan toko lebih awal tanpa harus menunggu pemilik datang untuk membuka krey secara manual. Ketiga, indikator fisik berupa LED dan buzzer memberikan konfirmasi langsung di lokasi toko bahwa perintah buka/tutup telah berhasil dieksekusi, sehingga pengguna tidak perlu selalu memeriksa aplikasi smartphone untuk memastikan status krey.

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, teknologi IoT berbasis mikrokontroler menjadi solusi yang relevan dan terjangkau (Rangkuti & Martiano, 2025). Salah satu mikrokontroler yang populer digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP32. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dengan fitur unggulan berupa dukungan Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, prosesor *dual-core* berkecepatan hingga 240 MHz, serta harga yang sangat terjangkau. Kemampuan ini menjadikan ESP32 sebagai pilihan utama dalam membangun sistem otomasi berbasis IoT, termasuk untuk keperluan pengendalian perangkat fisik seperti krey toko.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas ESP32 dalam berbagai sistem otomasi. Penelitian oleh (Ardian Eza Pratama et al., 2024)

menunjukkan bahwa mikrokontroler ESP32 berhasil digunakan untuk mengotomasi sistem hidroponik dengan tingkat error sensor yang sangat rendah, yaitu rata-rata 0,027%. Selain itu, penelitian pada jurnal Zetroem (2023) menunjukkan bahwa ESP32 mampu mengintegrasikan monitoring dan pengendalian jarak jauh pada sistem industri melalui koneksi Wi-Fi dan smartphone. Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ESP32 memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut, termasuk dalam konteks otomasi keamanan toko.

Berdasarkan uraian di atas, terdapat peluang yang jelas untuk merancang dan membangun sebuah sistem otomasi krey berbasis ESP32 yang memanfaatkan teknologi IoT. Sistem ini diharapkan mampu mengatasi permasalahan keamanan dan ketidakefisienan operasional pada toko, sekaligus meningkatkan kenyamanan bagi pemilik toko. Oleh karena itu, penelitian ini mengangkat judul **"Rancang Bangun Sistem Otomasi Dan Kendali Jarak Jauh Krey Toko Berbasis Web"**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem otomasi krey toko berbasis ESP32 yang dapat dikendalikan melalui jaringan IoT?
2. Bagaimana mengimplementasikan ESP32 sebagai *web server* lokal yang melayani antarmuka kendali dan pemantauan status krey secara *real-time*?

3. Bagaimana sistem otomasi krey yang dibangun dapat meningkatkan keamanan toko melalui fitur kendali jarak jauh dan pemantauan status krey berbasis web?
4. Bagaimana tingkat keberhasilan sistem otomasi krey dalam merespons perintah buka/tutup secara otomatis berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan awal, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama sekaligus web server lokal yang melayani antarmuka kendali berbasis web.
2. Sistem hanya mencakup fungsi buka, tutup, dan pemantauan status krey tidak mencakup integrasi dengan sistem keamanan lain seperti CCTV atau kontrol akses berbasis sidik jari.
3. Pengendalian sistem dilakukan melalui antarmuka web yang diakses menggunakan browser pada smartphone atau komputer yang terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama dengan ESP32.
4. Pengujian sistem dilakukan dalam skala prototipe dan tidak mencakup implementasi langsung pada toko sesungguhnya.
5. Penelitian ini tidak membahas aspek keamanan jaringan (*cybersecurity*) dari sistem yang dibangun.

1.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem otomasi krey toko berbasis ESP32 yang dapat dikendalikan melalui antarmuka web lokal.
2. Mengimplementasikan ESP32 sebagai *web server* lokal yang melayani antarmuka kendali dan pemantauan status krey secara *real-time*.
3. Menguji tingkat keberhasilan sistem otomasi krey dalam merespons perintah buka/tutup secara otomatis.
4. Menguji tingkat keberhasilan sistem otomasi krey dalam merespons perintah buka/tutup secara otomatis.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dihasilkannya sebuah prototipe sistem otomasi krey berbasis ESP32 *web server* yang dapat menjadi referensi pengembangan sistem kendali berbasis web untuk perangkat fisik di kemudian hari.
2. Tersedianya antarmuka web yang dapat diakses melalui browser tanpa instalasi aplikasi tambahan, sehingga memudahkan pemilik toko dalam memantau dan mengendalikan krey secara *real-time* dari dalam jangkauan jaringan Wi-Fi.

3. Mendukung peningkatan keamanan toko melalui fitur pengendalian jarak jauh dan monitoring status krey, sehingga pemilik toko dapat segera mengetahui dan merespons jika krey dalam kondisi tidak semestinya.
4. Tersedianya data hasil pengujian fungsional sistem yang dapat dijadikan bukti ilmiah bahwa sistem otomasi krey yang dibangun bekerja sesuai dengan yang dirancang.

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Otomasi

Sistem otomasi adalah suatu sistem yang dirancang untuk menjalankan proses atau fungsi tertentu secara mandiri, tanpa memerlukan campur tangan manusia secara langsung dalam setiap operasinya. Konsep ini lahir dari kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi, konsistensi, dan keandalan suatu proses yang jika dilakukan secara manual berpotensi menimbulkan kelalaian atau ketidakefisienan (Nizam et al., 2022). Dalam konteks sistem berbasis elektronik dan mikrokontroler, otomasi diwujudkan melalui integrasi antara perangkat keras (*hardware*) seperti sensor dan aktuator, serta perangkat lunak (*firmware*) yang mengatur logika kerja sistem secara keseluruhan.

Sebuah sistem otomasi pada umumnya terdiri dari tiga elemen utama, yaitu input, pemroses, dan output. Elemen *input* berfungsi untuk mendeteksi kondisi atau memberikan perintah kepada sistem, baik melalui sensor, tombol, maupun perintah dari aplikasi eksternal. Elemen pemroses bertugas mengolah data yang diterima dari input dan menentukan respons yang tepat berdasarkan logika yang telah diprogram. Sementara itu, elemen *output* adalah komponen yang mengeksekusi respons tersebut, seperti menggerakkan motor, menyalakan buzzer, atau menampilkan notifikasi pada layar (Santosa & Nugroho, 2021).

Dalam penelitian ini, sistem otomasi diterapkan pada krey toko, di mana krey dikendalikan secara otomatis oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan perintah yang diterima melalui antarmuka web lokal. Penerapan otomasi pada krey ini

menjawab permasalahan operasional yang selama ini dilakukan secara manual, sekaligus meningkatkan keamanan karena sistem dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh melalui browser.

2.2. Jenis – Jenis Krey

Krey toko yang dalam dunia konstruksi dan ritel juga dikenal dengan istilah *rolling door*, pintu jalusi, atau penutup toko adalah penutup mekanis yang dipasang di bagian depan toko dan bekerja dengan cara digulung ke atas (ke dalam kotak gulungan) saat dibuka, atau diturunkan ke bawah saat ditutup. Fungsi utama krey adalah sebagai pelindung fisik pertama toko dari ancaman luar, terutama pada saat toko tidak beroperasi. Selain dari segi keamanan, krey juga berfungsi sebagai pembatas visual yang memberi kesan jelas bahwa toko sedang buka atau tutup kepada pelanggan yang melintas.

Pada umumnya, krey toko dioperasikan secara manual dengan cara menarik atau mendorong badan krey secara langsung, atau melalui mekanisme rantai dan per. Cara operasional manual ini, meskipun sederhana, memiliki sejumlah kelemahan yang signifikan dalam konteks keamanan dan kenyamanan operasional toko, khususnya risiko kelalaian seperti lupa menutup krey saat toko akan ditinggalkan. Berdasarkan material pembuatannya, krey toko dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis utama sebagai berikut:

a. Krey Besi/Baja (Rolling Door Metal) Jenis ini merupakan yang paling umum digunakan pada toko-toko besar dan gudang. Dibuat dari lempengan baja atau besi yang dikaitkan satu sama lain membentuk tirai yang kuat.

Kelebihan utamanya adalah kekuatan dan ketahanan terhadap benturan fisik, namun bobotnya yang berat memerlukan motor penggerak yang berdaya besar apabila akan diotomasi.



Gambar 2.1 Krey Besi

Sumber : https://antarajayaperkasa.web.indotrading.com

b. Krey Aluminium Terbuat dari profil aluminium yang lebih ringan dibandingkan baja. Jenis ini banyak digunakan pada toko ritel kecil hingga menengah karena bobotnya yang lebih ringan dan tampilannya yang lebih modern. Aluminium juga lebih tahan terhadap korosi dibandingkan besi.



Gambar 2.2 Krey Aluminium

Sumber : https://shopee.co.id/Forhom

c. Krey Polycarbonate / PVC / Akrilik Krey jenis ini terbuat dari bahan plastik keras atau resin sintetis yang transparan maupun berwarna. Keunggulan utamanya adalah bobotnya yang sangat ringan, harga yang terjangkau, serta

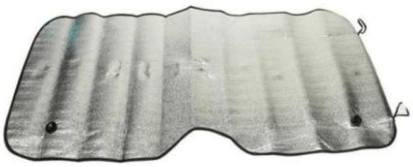
kemudahan dalam pembentukan. Krey berbahan PVC atau akrilik juga memungkinkan cahaya masuk sebagian sehingga bagian dalam toko tetap terlihat dari luar, yang dapat meningkatkan daya tarik toko bagi calon pelanggan.



Gambar 2.3 Krey PVC

Sumber : https://shopee.co.id/Kris-Venetian-Blinds

d. Krey Kaca (*Glass Shutter*) Jenis krey yang menggunakan panel kaca tempered sebagai materialnya. Sering digunakan pada toko-toko premium atau showroom yang mengutamakan estetika. Bobotnya relatif berat dan harganya paling mahal di antara jenis lainnya.



Gambar 2.4 Krey Kaca

Dalam penelitian ini, krey yang digunakan dalam skala prototipe dibuat dari bahan PVC/Akrilik yang dipotong dan disusun secara berurutan membentuk struktur layaknya krey toko sesungguhnya. Setiap lembar PVC/Akrilik dihubungkan satu sama lain menggunakan mekanisme engsel atau kawat

penghubung sehingga dapat digulung dan membuka/menutup secara fleksibel mengikuti rel pemandu yang dipasang di sisi kanan dan kiri rangka prototipe.

Pemilihan material PVC/Akrilik pada prototipe ini didasari oleh tiga pertimbangan utama. Pertama, bobotnya yang sangat ringan menjadikannya cocok untuk digerakkan oleh motor DC 12V yang digunakan dalam penelitian ini tanpa memerlukan torsi berlebih. Kedua, materialnya mudah dibentuk dan dipotong sesuai dimensi yang dibutuhkan dalam skala prototipe. Ketiga, dari sisi biaya, PVC/Akrilik jauh lebih terjangkau dibandingkan material lain sehingga sesuai dengan sumber daya penelitian skala akademik. Secara fungsional, prototipe krey PVC/Akrilik ini dirancang untuk merepresentasikan mekanisme kerja krey toko sesungguhnya, sehingga hasil pengujian pada prototipe dapat dijadikan dasar validasi konsep sistem otomasi yang dikembangkan.

2.3. Perangkat yang Digunakan

2.3.1. Mikrokontroller ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikembangkan oleh Espressif Systems dengan spesifikasi yang sangat memadai untuk kebutuhan sistem IoT. ESP32 dilengkapi dengan prosesor *dual-core* Tensilica LX6 berkecepatan hingga 240 MHz, memori RAM sebesar 520 KB, serta dukungan konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2 yang terintegrasi langsung di dalam chip-nya (Al-Shareeda et al., 2024). Keunggulan ini menjadikan ESP32 mampu menangani tugas pengolahan data lokal sekaligus komunikasi jaringan secara bersamaan, tanpa memerlukan modul tambahan.



Gambar 2.5 ESP32 Dev Module

Dalam penelitian ini, ESP32 berperan sebagai pusat kendali sistem otomasi *krey*. Mikrokontroler ini bertugas menerima perintah dari pengguna melalui jaringan internet, memproses perintah tersebut, serta mengendalikan motor penggerak untuk membuka atau menutup *krey*.

2.3.2. Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah jenis motor listrik yang mengubah energi listrik arus searah menjadi energi gerak mekanik berupa putaran. Arah putaran motor DC dapat dikendalikan dengan membalik polaritas tegangan yang diberikan, sedangkan kecepatan putarannya dapat diatur menggunakan teknik *Pulse Width Modulation* (PWM) (Santosa & Nugroho, 2021). Pada penelitian ini digunakan Motor DC 12V tipe 4632-37 yang memiliki torsi cukup besar untuk menggerakkan beban mekanis krey toko.

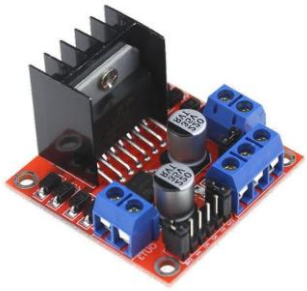


Gambar 2.6 Motor DC

Pada penelitian ini, motor DC digunakan sebagai penggerak utama untuk membuka dan menutup krey toko. Motor akan berputar sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler melalui driver motor. Ketika motor berputar ke satu arah, krey akan terbuka, sedangkan ketika motor berputar ke arah sebaliknya, krey akan tertutup. Pemilihan motor DC harus mempertimbangkan beberapa faktor, seperti daya, torsi, dan kecepatan, agar sistem dapat bekerja dengan optimal.

2.3.3. Motor Driver L298N

Driver motor merupakan komponen yang digunakan untuk mengontrol motor, baik dalam hal arah putaran maupun kecepatan. Salah satu driver motor yang sering digunakan adalah L298N, yang merupakan modul dual H-bridge yang mampu mengendalikan dua motor DC secara bersamaan dengan tegangan kerja hingga 46V dan arus maksimum 2A per kanal. L298N memungkinkan mikrokontroler untuk mengendalikan dua motor DC secara independen. Modul ini bekerja dengan cara menerima sinyal dari mikrokontroler, kemudian mengatur aliran arus listrik ke motor sesuai dengan sinyal tersebut.



Gambar 2.7 Motor Driver L298N

Karena ESP32 hanya mampu menyediakan tegangan output GPIO sebesar 3,3V dan arus yang sangat terbatas, motor DC 12V tidak dapat dikendalikan secara

langsung oleh mikrokontroler. Untuk menjembatani perbedaan daya ini, digunakan Motor Driver L298N. Modul ini menerima sinyal kendali bertegangan rendah dari ESP32 melalui pin IN1, IN2 (untuk arah) dan pin ENA (untuk kecepatan via PWM), lalu meneruskannya ke motor DC dengan daya penuh dari sumber tegangan eksternal (Satriawan et al., 2022).

Kombinasi antara ESP32, L298N, dan Motor DC 12V membentuk inti dari sistem penggerak krey dalam penelitian ini. Ketika pengguna memberikan perintah buka atau tutup melalui website, ESP32 menerima perintah tersebut dan mengirimkan sinyal yang sesuai ke L298N, yang kemudian menggerakkan motor DC ke arah yang diinginkan.

2.3.4. Limit Switch

Limit switch mikro adalah saklar elektromekanis yang bekerja berdasarkan kontak fisik dengan suatu objek. Ketika objek menekan tuas atau tombol pada *limit switch*, kontak internal akan berpindah posisi sehingga rangkaian listrik terhubung atau terputus. Komponen ini banyak digunakan dalam sistem otomasi sebagai detektor posisi akhir untuk membatasi pergerakan aktuator (Elsaputra, 2023).



Gambar 2.8 Micro Limit Switch

Dalam sistem otomasi krey ini, *limit switch* dipasang pada dua titik ujung pergerakan krey, yaitu posisi krey sepenuhnya terbuka dan posisi krey sepenuhnya tertutup. Ketika krey mencapai salah satu posisi tersebut dan menekan *limit switch*, sinyal dikirimkan ke ESP32 untuk menghentikan motor DC secara otomatis. Mekanisme ini mencegah motor tetap berputar meskipun krey sudah mencapai posisi akhirnya, yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis pada sistem. Dengan demikian, *limit switch* berperan penting dalam menjaga keandalan dan keamanan operasional sistem secara keseluruhan.

2.3.5. Step – Down Module

Step-Down Module (juga dikenal sebagai *buck converter*) adalah rangkaian elektronik yang berfungsi menurunkan tegangan dari sumber daya ke level yang sesuai dengan kebutuhan komponen tertentu. Dalam sistem elektronik yang menggunakan berbagai komponen dengan tegangan kerja yang berbeda-beda, *step-down module* menjadi solusi yang efisien untuk distribusi daya tanpa memerlukan sumber tegangan yang terpisah untuk setiap komponen (Rahardjo, 2022).



Gambar 2.9 Stepdown Module

Pada penelitian ini, sistem menggunakan Power Supply sebagai sumber daya utama yang memberikan tegangan 12V untuk motor DC. *Step-Down Module* kemudian

digunakan untuk menurunkan tegangan tersebut menjadi 5V guna menyuplai ESP32 Dev Module dan komponen lainnya yang memiliki tegangan kerja lebih rendah. Penggunaan konfigurasi ini menjamin stabilitas daya pada seluruh komponen sistem dan menghindari risiko kerusakan akibat tegangan yang terlalu tinggi.

2.4. ESP32 Web Server

ESP32 *Web Server* adalah fitur yang memungkinkan mikrokontroler ESP32 berperan sebagai server HTTP yang melayani halaman web secara langsung kepada perangkat yang terhubung dalam jaringan Wi-Fi yang sama. Halaman web yang disimpan dalam memori ESP32 dibangun menggunakan teknologi standar web yaitu HTML (*HyperText Markup Language*) untuk struktur konten, CSS (*Cascading Style Sheets*) untuk tampilan visual, dan JavaScript untuk interaktivitas pada sisi klien (Kakani et al., 2024).

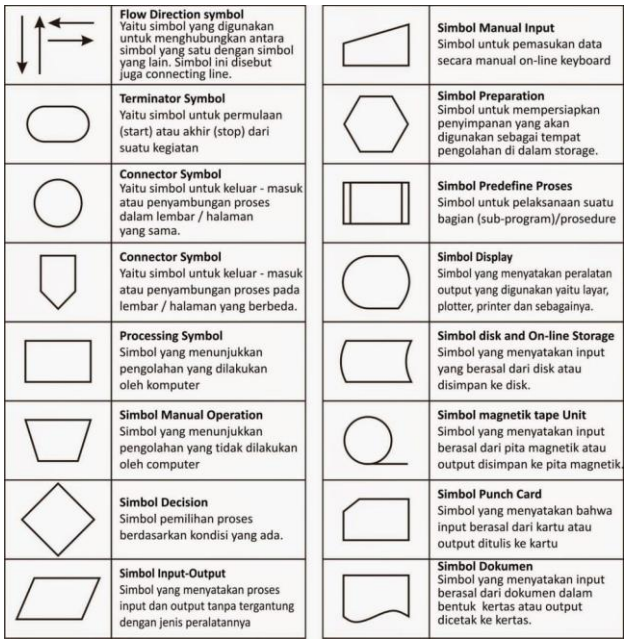
Komunikasi antara browser pengguna dan ESP32 berlangsung melalui protokol HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Ketika pengguna menekan tombol pada halaman web (misalnya tombol "BUKA"), browser mengirimkan *HTTP GET request* ke alamat IP ESP32 dengan parameter perintah yang sesuai. ESP32 menerima *request* tersebut, memprosesnya melalui fungsi *handler* yang telah didefinisikan dalam firmware, kemudian mengeksekusi perintah ke aktuator dan mengirimkan respons berupa status terkini kembali ke browser.

Pembaruan status krey secara *real-time* pada halaman web diimplementasikan menggunakan teknik AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) atau mekanisme *auto-refresh* berkala, sehingga pengguna dapat melihat perubahan status krey tanpa perlu memuat ulang (*reload*) seluruh halaman secara manual.

2.5. Flowchart (Diagram Alir)

Menurut (Malabay, 2016) flowchart merupakan diagram alir yang digunakan untuk menggambarkan urutan langkah atau proses kerja suatu sistem secara sistematis dan logis. Flowchart berfungsi sebagai alat bantu visual untuk menjelaskan bagaimana suatu sistem bekerja dari awal hingga akhir. Dengan adanya flowchart, alur proses sistem dapat dipahami dengan lebih mudah, baik oleh pengembang sistem maupun oleh pihak lain yang mempelajari sistem tersebut.

Flowchart biasanya menggunakan simbol-simbol standar, seperti simbol terminator untuk menandai awal dan akhir proses, simbol proses untuk menunjukkan kegiatan yang dilakukan, simbol keputusan untuk menunjukkan kondisi atau percabangan, serta simbol alur untuk menunjukkan arah proses. Penggunaan flowchart sangat membantu dalam perancangan sistem karena dapat meminimalkan kesalahan logika dan memperjelas hubungan antar proses.



Gambar 2.10 Simbol Flowchart

Dalam penelitian ini, *flowchart* digunakan untuk menggambarkan alur kerja sistem otomasi *krey* berbasis ESP32 menggunakan teknologi *Internet of Things*. *Flowchart* ini menjelaskan tahapan proses mulai dari sistem diaktifkan, penerimaan perintah dari pengguna, pemrosesan perintah oleh mikrokontroler, hingga penggerakan motor untuk membuka atau menutup *krey*.

2.6. Penelitian Terdahulu

Berikut ini diuraikan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan dengan topik sistem otomasi berbasis IoT dan ESP32, yang menjadi landasan perbandingan dalam penelitian ini sebagai berikut :

Penelitian pertama dilakukan oleh (Satriawan et al., 2022) mengembangkan sistem pengendalian suhu ruangan secara otomatis dengan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler dan sensor suhu termokopel MAX6675 sebagai inputnya. Objek yang dikendalikan adalah motorized valve pada sistem pendingin udara, di mana Motor Driver L298N digunakan untuk mengatur pergerakan motor DC ke posisi 0%, 50%, dan 100% berdasarkan pembacaan suhu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ESP32 dan L298N berhasil mengendalikan motor DC secara presisi menggunakan sinyal PWM. Penelitian ini menjadi referensi teknis yang relevan karena menggunakan susunan komponen yang identik dengan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ESP32 dan L298N untuk mengendalikan motor DC.

Penelitian kedua oleh (Nizam et al., 2022) ini membangun sistem monitoring kondisi pintu rumah menggunakan ESP32 yang terhubung ke sebuah antarmuka berbasis web lokal. Adapun objek penelitiannya adalah pintu rumah

tinggal, dengan metode pengembangan prototipe. Sistem berhasil menampilkan status buka/tutup pintu secara real-time melalui browser. Keterbatasan utama penelitian ini adalah sistem hanya dapat diakses dari jaringan Wi-Fi yang sama (lokal), sehingga tidak mendukung pemantauan jarak jauh dari luar jaringan rumah.

Penelitian ketiga oleh (Wijaya et al., 2023) ini mengotomasi pintu geser menggunakan sensor ultrasonik sebagai trigger kehadiran orang, dengan ATmega 328 sebagai pemrosesnya dan motor DC sebagai aktuator penggerak pintu. Hasilnya, pintu berhasil membuka dan menutup secara otomatis berdasarkan deteksi jarak. Meskipun menggunakan motor DC sebagai aktuator seperti pada penelitian ini, sistem yang dibangun tidak memiliki kemampuan pemantauan jarak jauh maupun koneksi internet sama sekali.

Kemudian, Penelitian keempat oleh (Ardian Eza Pratama et al., 2024) mengimplementasikan ESP32 untuk mengotomasi sistem pengairan dan nutrisi pada tanaman hidroponik. Metode yang digunakan adalah pengembangan prototipe dengan pengujian akurasi sensor. Hasilnya, sistem berhasil bekerja dengan rata-rata error sensor yang sangat rendah sebesar 0,027%. Penelitian ini menunjukkan tingginya keandalan ESP32 sebagai mikrokontroler untuk sistem otomasi, meskipun konteks aplikasinya berbeda dari penelitian ini.

Adapun, Penelitian kelima oleh (Al-Shareeda et al., 2024) ini membangun sistem otomasi perkantoran menggunakan ESP32 dengan komunikasi Bluetooth sebagai pengganti Wi-Fi, sehingga sistem dapat beroperasi tanpa koneksi internet. Hasilnya, sistem berhasil mengendalikan berbagai perangkat kantor dengan aman

dalam mode offline. Penelitian ini memberi perspektif bahwa ESP32 cukup fleksibel untuk digunakan baik dalam konfigurasi online maupun offline.

Lalu ada juga Penelitian keenam oleh (Kakani et al., 2024) ini mengintegrasikan ESP32 dengan platform Blynk untuk mengendalikan modul relay multi-kanal yang mengatur perangkat-perangkat di rumah. Keunggulan sistem yang dikembangkan adalah kemampuan fallback yaitu ketika koneksi internet terputus, sistem tetap dapat dioperasikan secara manual melalui tombol fisik. Penelitian ini membuktikan bahwa ESP32 mampu mengelola antarmuka kendali perangkat dari jarak jauh secara *real-time*. Meskipun menggunakan Blynk sebagai platform, arsitektur dasar komunikasi antara ESP32 dan antarmuka pengguna menjadi acuan dalam membangun logika kendali berbasis web pada penelitian ini.

Selanjutnya, Penelitian ketujuh oleh (Asysyauqi et al., 2025) membangun sistem kunci pintu otomatis berbasis IoT yang menggunakan RFID sebagai autentikasi dan logika Fuzzy Mamdani untuk pengambilan keputusan adaptif berdasarkan beberapa parameter seperti daya baterai dan jarak pengguna. Hasilnya, sistem berhasil memberikan solusi keamanan yang lebih fleksibel dan adaptif. Relevansinya bagi penelitian ini terletak pada aspek pemantauan status pintu secara real-time melalui aplikasi mobile yang menjadi salah satu fitur utama yang juga diterapkan dalam sistem otomasi krey ini.

Terakhir, Penelitian kedelapan oleh (Anggreini et al., 2023) membangun prototipe sistem kendali pintu gerbang perumahan menggunakan ESP32/NodeMCU dan platform Blynk sebagai antarmuka pengendalian jarak jauh. Aktuator yang digunakan adalah motor DC. Hasil penelitian menunjukkan sistem

berhasil dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk dengan respons yang cepat dan responsif. Penelitian ini menggunakan ESP32 dan Motor DC untuk mengendalikan pintu gerbang dari jarak jauh. Penelitian ini memiliki kemiripan teknis yang paling dekat dengan penelitian ini dari sisi arsitektur hardware, namun menggunakan platform Blynk sebagai antarmuka, bukan web server lokal berbasis ESP32.

Penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik sistem otomasi berbasis IoT dan ESP32 dijadikan sebagai landasan dan perbandingan dalam penelitian ini. Berikut adalah rangkuman penelitian terdahulu yang diperoleh dari beberapa artikel jurnal:

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Judul dan Penulis	Metode dan Objek	Hasil Penelitian
1	Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring Temperatur Ruangan Menggunakan ESP-32 untuk Mengendalikan Motor DC pada Motorized Valve. Satriawan, I.P.G.G. (2022)	Valve Sistem Pendingin dengan menggunakan Motor DC + L298N	Berhasil mengendalikan valve pada 0%, 50%, 100% menggunakan PWM via L298N
2	Mikrokontroller ESP32 Sebagai Alat Monitoring	Sistem Monitoring Pintu rumah	Sistem monitoring pintu berhasil

	Pintu Berbasis WEB. Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022)	menggunakan Selenoid.	bekerja berbasis web dengan ESP32
3	Rancang Bangun Pintu Geser Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Atmega 328. Wijaya, Tafrikhatin, & Prasetyo (2023)	Sistem pintu geser menggunakan AtMega 328 menggunakan Motor DC.	Pintu berhasil terbuka/tertutup otomatis berdasarkan deteksi jarak.
4	Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Mikrokontroler ESP32. Pratama, Hurairah, & Eliza (2024)	Otomasi sistem Pompa menggunakan ESP32.	Otomasi berhasil dengan rata-rata error sensor 0,027%.
5	Secure Offline Smart Office Automation Using ESP32 and Bluetooth Control Architecture. Al-Shareeda et al. (2024)	Sistem perkantoran menggunakan ESP32 dengan Bluetooth.	Sistem otomasi offline berhasil tanpa koneksi internet menggunakan Bluetooth.
6	IoT-Based Smart Home Automation Using ESP32 and Blynk with Enhanced Reliability.	Sistem smart home menggunakan aplikasi blynk pada	Pengendalian via Blynk berhasil dengan tetap mendukung kendali

	Kakani, Kulkarni, Pandya, & Mehendale (2024).	peralatan rumah tangga.	manual saat internet mati
7	Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis IoT dengan RFID dan Aplikasi Mobile Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. Asysyauqi, Andriansyah, Ulla, & Sucipto (2025)	Sistem keamanan kunci pintu rumah menggunakan ESP32 dan Motor Servo.	Sistem keamanan adaptif berhasil bekerja dengan metode fuzzy; pemantauan status real-time berhasil dilakukan.
8	Prototype Sistem Kendali Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Internet of Things. Anggreini, Ekawati, & Ichsan (2024)	Sistem Kendali pintu gerbang menggunakan NodeMCU, dengan Motor DC melalui Blynk.	Sistem berhasil dikendalikan jarak jauh via Blynk kendali gerbang responsive.

Dari keseluruhan penelitian terdahulu yang ditemukan, tidak ada satupun yang secara spesifik membahas otomasi krey toko (*rolling door* / penutup toko) sebagai objek penelitiannya. Sebagian besar penelitian berfokus pada pintu rumah, pintu gerbang perumahan, atau sistem otomasi perangkat lain yang konteksnya berbeda dari keamanan toko ritel. Inilah yang menjadi research gap atau celah penelitian yang diisi oleh penelitian ini.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki kontribusi yang jelas dan berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya. penelitian ini berkontribusi dengan mengintegrasikan kemampuan otomasi motor DC, deteksi posisi melalui *limit switch*, dan antarmuka kendali berbasis *web server* lokal ESP32 seluruhnya dalam satu sistem terpadu yang dirancang khusus untuk kebutuhan keamanan dan kenyamanan operasional krey toko.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Penelitian Terdahulu

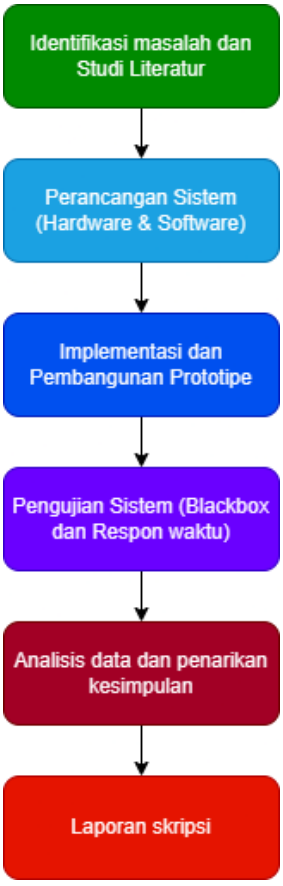
Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan prototyping, yaitu metode penelitian yang bertujuan menghasilkan suatu produk atau sistem fungsional melalui serangkaian siklus perancangan, pengembangan, dan pengujian yang terstruktur (Okpatrioka, 2023). Metode R&D dipilih karena dengan pendekatan prototyping secara metode paling sesuai untuk menjawab rumusan masalah penelitian ini yang bersifat konstruktif eksperimental**,** bukan deskriptif maupun korelasional.

Justifikasi pemilihan metode ini dapat dijabarkan sebagai berikut. Rumusan masalah pertama dan kedua menanyakan tentang bagaimana merancang dan membangun sistem, yang mensyaratkan adanya proses konstruksi nyata terhadap perangkat keras dan perangkat lunak sesuatu yang hanya dapat dilakukan melalui pendekatan pengembangan (*development*). Rumusan masalah ketiga dan keempat menanyakan tentang bagaimana sistem meningkatkan keamanan dan seberapa berhasil sistem merespons perintah, yang mensyaratkan adanya pengujian terukur terhadap produk yang dihasilkan sesuatu yang terpenuhi melalui tahap pengujian (*testing*) dalam siklus prototyping.

Dengan demikian, metode R&D dengan pendekatan prototyping adalah satu-satunya pilihan yang mampu menjawab kelima rumusan masalah sekaligus dalam satu kerangka metodologi yang konsisten dan kohesif.

3.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui enam tahapan yang berurutan dan saling bergantung. Keenam tahapan tersebut digambarkan dalam diagram alur berikut dan diuraikan secara rinci pada sub-bab selanjutnya.



Gambar 3.1 Alur Tahapan Penelitian

3.2.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Tahap pertama adalah identifikasi masalah dan studi literatur. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengamati kondisi nyata operasional krey toko yang masih dijalankan secara manual, kemudian menganalisis dampak dari keterbatasan tersebut terhadap aspek keamanan dan kenyamanan toko. Hasil identifikasi ini menjadi dasar perumusan masalah yang telah ditetapkan pada latar belakang.

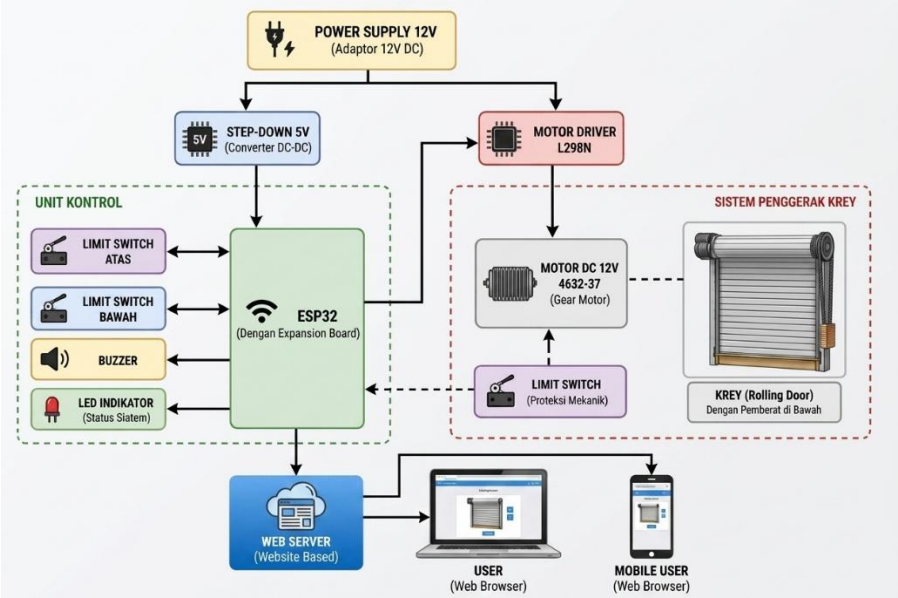
Studi literatur dilakukan secara paralel untuk membangun landasan teori yang kuat. Sumber yang digunakan mencakup jurnal ilmiah nasional terindeks SINTA dan jurnal internasional terindeks Scopus atau Google Scholar, buku teks, serta dokumentasi resmi dari produsen komponen dan platform. Studi literatur tidak hanya berfungsi sebagai landasan teori, tetapi juga sebagai alat untuk mengidentifikasi *research gap* yaitu belum adanya penelitian yang secara spesifik mengotomasi krey toko menggunakan ESP32 berbasis website yang menjadi kontribusi ilmiah penelitian ini.

3.2.2. Perancangan Sistem

Tahap perancangan merupakan tahap kritis yang menentukan keberhasilan implementasi. Perancangan dilakukan pada dua lapisan yang saling terintegrasi yaitu lapisan perangkat keras (*hardware*) dan lapisan perangkat lunak (*software*).

a. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras dimulai dengan penyusunan diagram blok sistem yang menggambarkan hubungan fungsional antar komponen. Setiap komponen dipilih berdasarkan spesifikasi teknis yang saling kompatibel dan justifikasi fungsional yang terukur.



Gambar 3.2 Diagram Blok Hardware

Komponen-komponen yang digunakan beserta justifikasi pemilihannya adalah sebagai berikut:

1. ESP32 Dev Module dipilih sebagai unit pemroses utama karena memiliki kemampuan Wi-Fi terintegrasi yang menjadi syarat mutlak untuk konektivitas IoT berbasis Website. Expansion Board dipilih untuk menyederhanakan distribusi pin GPIO dan jalur daya, sehingga mengurangi kompleksitas pengkabelan pada prototipe.
2. Motor DC 12V (Tipe 4632-37) dipilih karena menghasilkan torsi yang memadai untuk menggerakkan beban mekanis krey prototipe berbahan PVC/Akrilik. Tegangan kerja 12V juga sesuai dengan sumber daya utama yang digunakan dalam sistem ini, sehingga tidak memerlukan konversi tegangan tambahan untuk sisi aktuator.
3. Motor Driver L298N dipilih sebagai jembatan daya antara ESP32 dan Motor DC karena modul ini mendukung tegangan motor hingga 46V dan

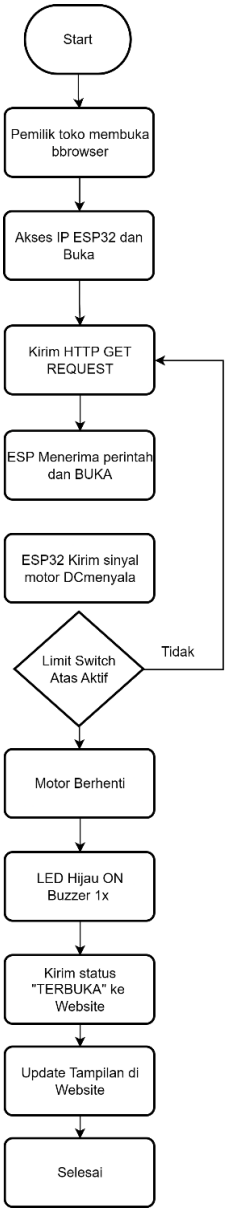
arus hingga 2A per kanal, serta mampu mengendalikan arah dan kecepatan motor secara bersamaan melalui sinyal logika rendah dari ESP32. Kemampuan pengendalian dua arah ini esensial untuk fungsi buka dan tutup krey.

4. Limit Switch Mikro dipasang pada posisi ujung atas dan ujung bawah jalur pergerakan krey. Limit switch dipilih karena keandalan mekanisnya yang tinggi dalam mendeteksi posisi fisik aktuator, dan berfungsi sebagai sinyal penghenti otomatis motor untuk mencegah kerusakan mekanis akibat pergerakan berlebih (*over-travel*).
5. Step-Down Module digunakan untuk menurunkan tegangan dari sumber 12V menjadi 5V yang dibutuhkan ESP32 dan komponen logika lainnya. Penggunaan satu sumber daya yang diturunkan tegangannya lebih efisien dan stabil dibandingkan menggunakan dua sumber daya terpisah.
6. Power Supply AC-DC digunakan sebagai sumber daya utama sistem yang menyuplai tegangan 12V stabil, menggantikan baterai agar sistem dapat beroperasi secara kontinu tanpa interupsi daya.
7. Buzzer dan LED berfungsi sebagai indikator fisik yang memberikan konfirmasi audio-visual langsung di lokasi toko ketika krey berhasil dibuka atau ditutup, melengkapi pemantauan jarak jauh yang dilakukan melalui Website.

b. Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Perancangan perangkat lunak mencakup dua komponen utama yaitu firmware ESP32 yang ditulis menggunakan Arduino IDE menggunakan bahasa

bahasa C++, dan Website sebagai sistem kontrol dan monitoring yang dibuat menggunakan PHP. Logika kerja sistem dirancang berdasarkan flowchart berikut:



Gambar 3.3 Flowchart Rancangan Perangkat Lunak

Firmware dirancang dengan prinsip event-driven programming, di mana ESP32 tidak melakukan polling perintah secara terus-menerus melainkan bereaksi terhadap perubahan nilai. Pendekatan ini lebih efisien dalam penggunaan daya dan pemrosesan dibandingkan pendekatan polling konvensional.

c. Perancangan Antarmuka Website

Antarmuka pengguna sistem otomasi krey dirancang sebagai halaman web yang di-*host* langsung pada ESP32 *web server*. Prinsip perancangan antarmuka mengutamakan kesederhanaan dan kemudahan operasional, mengingat pengguna akhir sistem adalah pemilik toko yang tidak harus memiliki latar belakang teknis. Antarmuka dapat diakses cukup dengan membuka browser dan memasukkan alamat IP ESP32 tanpa instalasi aplikasi apapun.

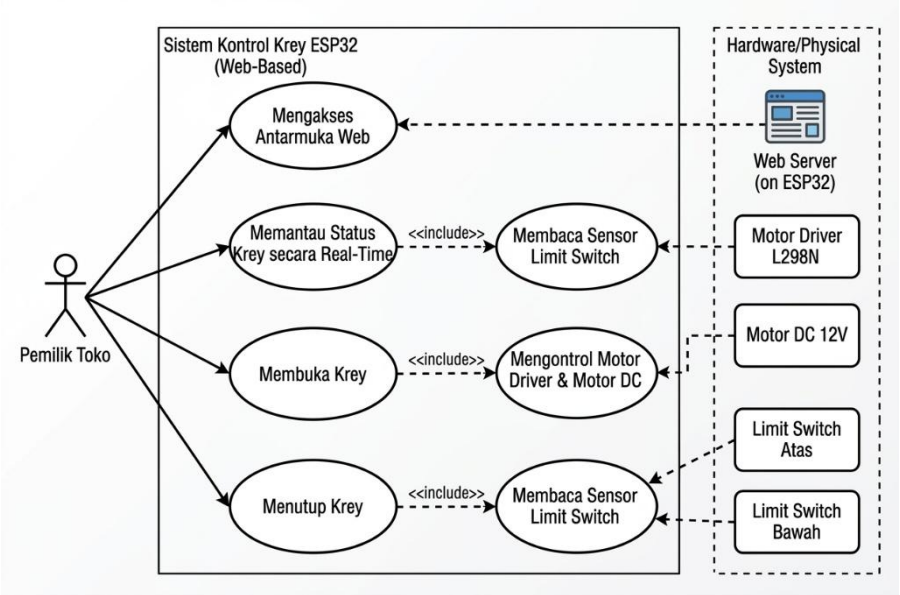
Halaman web dibangun menggunakan PHP untuk struktur elemen, CSS untuk tampilan visual yang responsif di layar smartphone maupun komputer, dan JavaScript untuk mengirimkan *HTTP request* ke ESP32 dan memperbarui status secara *real-time* menggunakan AJAX tanpa perlu memuat ulang seluruh halaman.

Tabel 3.1 Perancangan komponen antar muka web

Elemen Web	**Tipe**	**Endpoint ESP32**	**Fungsi**
Tombol BUKA	Button (HTML)	GET /buka	Mengirim perintah membuka krey ke ESP32
Tombol TUTUP	Button (HTML)	GET /tutup	Mengirim perintah menutup krey ke ESP32
Label Status	Text (diperbarui via AJAX)	GET /status	Menampilkan status terkini: "TERBUKA" atau "TERTUTUP"
Indikator warna	CSS class dinamis	GET /status	Warna hijau saat terbuka, merah saat tertutup

d. Diagram Use Case

Diagram use case menggambarkan interaksi antara pengguna (actor) dengan sistem yang dapat dilihat pada Gambar 3.5. Terdapat satu aktor utama dalam sistem ini, yaitu Pemilik Toko, yang berinteraksi dengan sistem melalui antarmuka web di browser. Adapun use case yang tersedia adalah sebagai berikut :



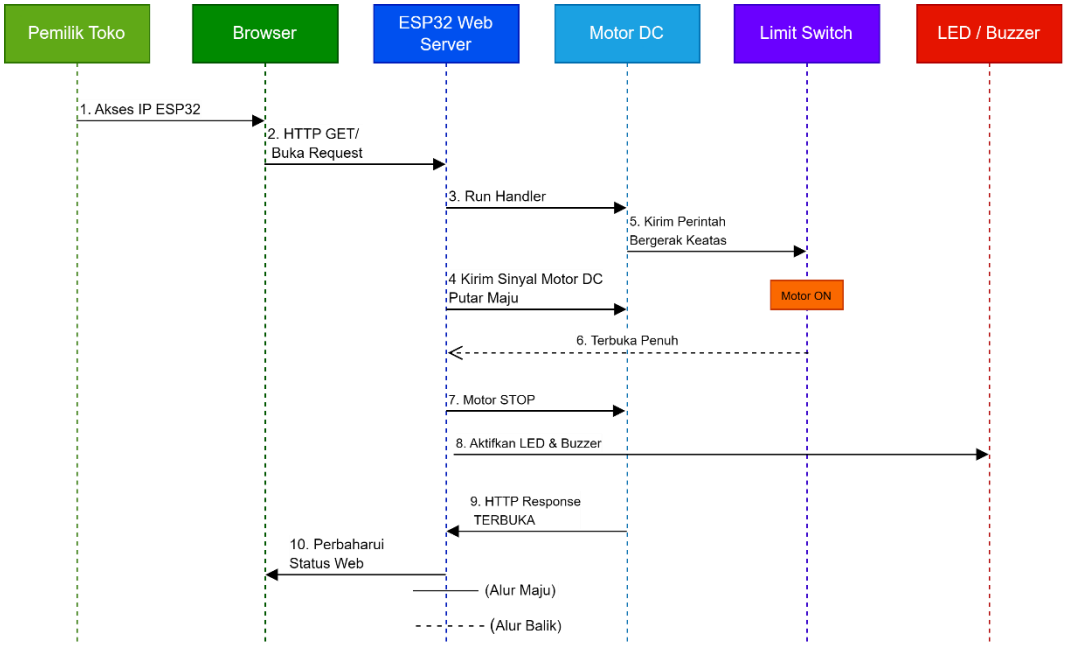
Gambar 3.4 Use case Diagram

a. Membuka Krey Pemilik toko menekan tombol "BUKA" pada halaman web. Browser mengirimkan *HTTP GET request* ke endpoint /buka pada ESP32. ESP32 memproses request, mengaktifkan Motor Driver L298N untuk memutar Motor DC ke arah maju, dan krey bergerak ke atas hingga Limit Switch atas tersentuh. Motor berhenti otomatis, LED hijau menyala, buzzer berbunyi sekali, dan halaman web memperbarui status menjadi "TERBUKA".

b. Menutup Krey Pemilik toko menekan tombol "TUTUP" pada halaman web. Proses berjalan simetris dengan skenario membuka krey namun motor berputar ke arah mundur hingga Limit Switch bawah aktif. Status diperbarui menjadi "TERTUTUP", LED merah menyala, dan buzzer berbunyi dua kali.
c. Memantau Status Krey secara Real-Time Pemilik toko dapat melihat status krey terkini (TERBUKA / TERTUTUP) kapan saja melalui halaman web tanpa memberikan perintah. Status diperbarui secara otomatis menggunakan mekanisme AJAX *polling* berkala ke endpoint /status pada ESP32.
d. Mengakses Antarmuka Web Pemilik toko membuka browser dan mengakses alamat IP ESP32 pada jaringan Wi-Fi yang sama untuk menampilkan halaman kendali sistem.

e. Sequence Diagram

Diagram sequence menggambarkan alur komunikasi antar komponen sistem secara kronologis dapat dilihat pada Gambar 3.5. Berikut adalah penjelasan alur sequence untuk skenario membuka krey:



Gambar 3.5 Sequence Diagram

1. Inisiasi Pengguna Pemilik Toko mengoperasikan *browser* untuk mengakses alamat IP ESP32 pada jaringan Wi-Fi yang sama.
2. Permintaan Kontrol Saat tombol BUKA ditekan, *browser* mengirimkan permintaan data menggunakan metode HTTP GET ke *endpoint* /buka pada ESP32 Web Server.
3. Pemrosesan Server ESP32 menerima permintaan tersebut dan mengeksekusi fungsi penangan (*handler*) untuk proses pembukaan krey.
4. Instruksi Pergerakan ESP32 mengirim sinyal kontrol (HIGH pada IN1 dan LOW pada IN2) ke Motor Driver L298N.
5. Eksekusi Fisik Motor Driver mengalirkan daya ke Motor DC 12V sehingga motor berputar maju dan krey bergerak terangkat ke atas.
6. Deteksi Batas Ketika krey terbuka penuh, krey menekan Limit Switch Atas sehingga sensor mengirimkan sinyal LOW ke ESP32 sebagai konfirmasi posisi batas.

7. Penghentian Motor Menerima sinyal dari sensor batas, ESP32 seketika menghentikan perintah ke Motor Driver L298N agar motor berhenti berputar.
8. Indikator Sistem ESP32 menyalakan LED Hijau (tanda status terbuka) dan membunyikan Buzzer sebanyak 1 kali sebagai sinyal audio.
9. Respon Data ESP32 Web Server membalas permintaan *browser* dengan mengirimkan respons HTTP dalam format JSON: {"status": "TERBUKA"}.
10. Pembaruan Tampilan *Browser* memperbarui status antarmuka halaman web secara *real-time* menggunakan AJAX tanpa perlu memuat ulang (*reload*) halaman secara keseluruhan.

3.2.3. Implementasi dan Perancangan Prototype

a. Konsep Prototipe

Prototipe sistem otomasi krey dalam penelitian ini dibangun dalam skala yang lebih kecil dari ukuran krey toko sesungguhnya, namun dirancang untuk merepresentasikan mekanisme kerja secara fungsional penuh. Prototipe ini terdiri dari dua subsistem yang terintegrasi: subsistem mekanik (rangka dan krey fisik) dan subsistem elektronik (rangkaian komponen kendali).

b. Subsistem Mekanik

Rangka prototipe dibuat dari bahan yang ringan dan mudah dibentuk (seperti kayu balsa, akrilik, atau aluminium profil) dengan dimensi yang proporsional. Krey prototipe dibuat dari lembaran-lembaran PVC/Akrilik tipis yang dipotong dengan lebar seragam dan dihubungkan satu sama lain menggunakan

engsel kecil atau kawat penghubung fleksibel, membentuk tirai yang dapat digulung. Rel pemandu dipasang di sisi kanan dan kiri rangka untuk memastikan pergerakan krey berlangsung lurus dan konsisten.

Motor DC dipasang di bagian atas rangka dengan sistem transmisi berupa poros dan tali/kawat yang digulung pada drum kecil yang terhubung langsung ke poros motor. Ketika motor berputar maju, tali menggulung dan menarik krey ke atas; ketika motor berputar mundur, tali mengulur dan krey turun karena gravitasi. Limit Switch atas dipasang pada titik di mana krey mencapai posisi sepenuhnya terbuka, dan Limit Switch bawah dipasang pada titik di mana krey mencapai posisi sepenuhnya tertutup.

c. Subsistem Elektronik

Seluruh komponen elektronik (ESP32 + Expansion Board, Motor Driver L298N, Step-Down Module, Buzzer, dan LED) ditempatkan pada sebuah *enclosure* atau kotak kendali yang terpasang di bagian samping atau belakang rangka prototipe. Power Supply ditempatkan terpisah dan dihubungkan melalui kabel ke kotak kendali. Kabel yang menghubungkan kotak kendali ke motor DC, limit switch, buzzer, dan LED dikelola dengan rapi menggunakan cable tie untuk menghindari kekusutan yang dapat mengganggu operasional sistem.

3.2.4. Pengujian Sistem

Pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing, yaitu metode pengujian yang mengevaluasi keluaran (*output*) sistem terhadap masukan (*input*) tertentu tanpa memperhatikan proses internal kode program (Pressman,

2014). Metode ini dipilih karena tujuan pengujian pada penelitian ini adalah memvalidasi apakah sistem menghasilkan respons yang benar terhadap setiap perintah yang diberikan, bukan mengaudit efisiensi kode di dalamnya. Skenario pengujian fungsional yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 Rancangan Pengujian Sistem

No	Skenario Uji	Input	Output yang Diharapkan	Status
1	Koneksi ESP32 ke Wi-Fi	Power ON	ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi	—
2	Koneksi ESP32 ke Web server	Wi-Fi terhubung	Status terhubung pada website	—
3	Perintah Buka via Website	Tekan tombol BUKA	Motor DC berputar maju, krey bergerak naik	—
4	Penghentian otomatis saat terbuka penuh	Limit Switch atas aktif	Motor berhenti, LED hijau ON, buzzer 1x	—
5	Perintah Tutup via Website	Tekan tombol TUTUP	Motor DC berputar mundur, krey bergerak turun	—
6	Penghentian otomatis saat tertutup penuh	Limit Switch bawah aktif	Motor berhenti, LED merah ON, buzzer 2x	—
7	Pembaruan status ke web server	Limit Switch aktif	Label status pada Website berubah real-time	—
8	Push notification web server	Perubahan status krey	Notifikasi diterima diwebsite	—

Selain pengujian fungsional, dilakukan juga pengujian respons waktu (*response time*), yaitu mengukur durasi waktu yang dibutuhkan sistem sejak perintah dikirimkan dari web server hingga motor DC mulai bergerak. Pengujian ini dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk setiap skenario (buka dan tutup), kemudian dihitung nilai rata-rata, nilai minimum, dan nilai maksimum respons waktu. Data ini menjawab rumusan masalah keempat tentang tingkat keberhasilan sistem dalam merespons perintah secara otomatis.

3.2.5. Teknik Analisis Data

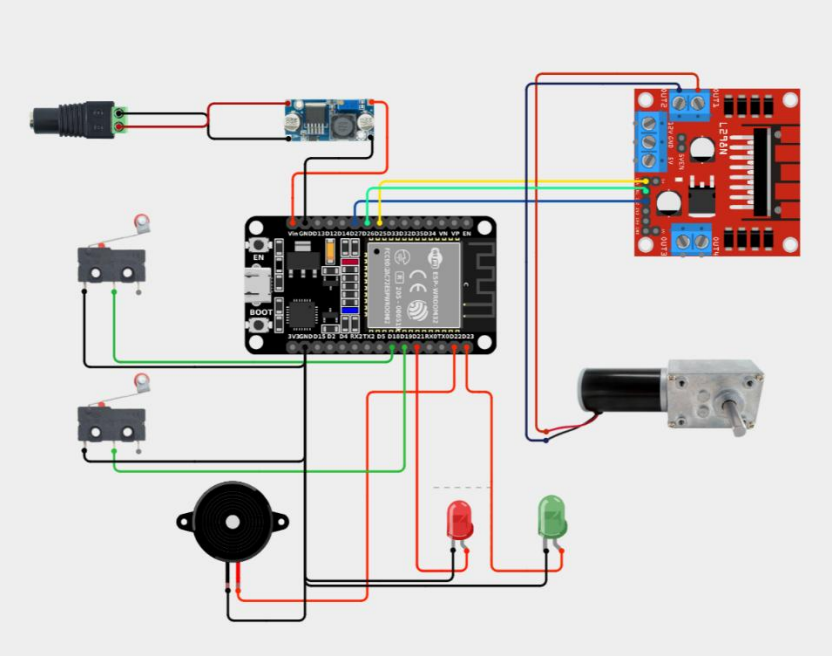
Data yang diperoleh dari seluruh tahapan pengujian dianalisis menggunakan dua pendekatan yang disesuaikan dengan jenis datanya. Pertama, data hasil pengujian fungsional (Black Box Testing) dianalisis secara deskriptif kualitatif dengan membandingkan output aktual sistem terhadap output yang diharapkan pada setiap skenario uji. Sistem dinyatakan lulus (*pass*) apabila output aktual sesuai dengan output yang diharapkan, dan dinyatakan gagal (*fail*) apabila sebaliknya. Persentase keberhasilan dihitung menggunakan rumus:

$$persentase\ keberhasilan = \left(\frac{jlh\ Skenario\ pass}{total\ skenario}\right) \times 100\% \quad (1)$$

Kedua, data respons waktu dan skor dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata, nilai minimum, nilai maksimum, dan standar deviasi. Hasil analisis kuantitatif ini kemudian diinterpretasikan berdasarkan tabel referensi yang relevan.

3.3. Wiring Diagram Sistem

Wiring diagram (skema pengkabelan) disusun untuk memastikan setiap komponen terhubung dengan benar sebelum proses perakitan fisik dilakukan, sekaligus menjadi acuan dalam menelusuri kesalahan (*troubleshooting*) apabila sistem tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Wiring diagram lengkap sistem otomasi krey dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 Wiring diagram sistem otomasi krey berbasis ESP32

Secara umum, jalur kelistrikan sistem dibagi menjadi tiga kelompok utama :

a. Jalur daya (power line) Power Supply 12V menjadi sumber daya utama yang mengalirkan tegangan ke dua tujuan: (1) Step-Down Module yang menurunkan tegangan menjadi 5V untuk ESP32, dan (2) Motor Driver L298N yang meneruskan daya 12V langsung ke Motor DC saat motor diaktifkan.

b. Jalur sinyal kendali (control signal) ESP32 mengirimkan sinyal logika 3,3V melalui pin GPIO ke Motor Driver L298N (pin IN1, IN2, dan ENA) untuk mengatur arah dan kecepatan motor, serta menerima sinyal dari Limit Switch (GPIO 18 dan 19) sebagai umpan balik posisi krey.
c. Jalur indikator (output signal) ESP32 mengaktifkan Buzzer dan dua LED (merah dan hijau) melalui pin GPIO sebagai indikator status secara langsung di lokasi prototipe.

Setiap pin GPIO pada ESP32 dipetakan secara spesifik ke komponen yang dikendalikannya, disertai jalur ground (GND) bersama dan estimasi kebutuhan tegangan/arus tiap komponen, sebagaimana dirangkum pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Pemetaan Pin ESP32, Jalur GND, dan Kebutuhan Arus Komponen

Pin ESP32	**Terhubung**	**Fungsi**	**Mode / Level**	**Tegangan Kerja**	**Sumber Daya**
GPIO 26 (D26)	L298N — pin IN1	Arah putar motor (maju)	OUTPUT, 3,3V logika	3,3V	ESP32
GPIO 27 (D27)	L298N — pin IN2	Arah putar motor (mundur)	OUTPUT, 3,3V logika	3,3V	ESP32
GPIO 25 (D25)	L298N — pin ENA	Kecepatan motor (PWM)	OUTPUT, PWM 3,3V	3,3V	ESP32
GPIO 18 (D18)	Limit Switch Atas (NO)	Deteksi krey terbuka penuh	INPUT_PULLUP	3,3V	ESP32 (internal pull-up)

GPIO 19 (D19)	Limit Switch Bawah (NO)	Deteksi krey tertutup penuh	INPUT_PULLUP	3,3V	ESP32 (internal pull-up)
GPIO 22 (D22)	Buzzer — VCC	Sinyal bunyi konfirmasi	OUTPUT, 3,3V	3,3V – 5V DC	ESP32 GPIO
GPIO 21 (D21)	LED Merah — Anoda	Indikator krey tertutup	OUTPUT, 3,3V	3,3V (+ resistor 220Ω)	ESP32 GPIO
GPIO 23 (D23)	LED Hijau — Anoda	Indikator krey terbuka	OUTPUT, 3,3V	3,3V (+ resistor 220Ω)	ESP32 GPIO

3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 3.4 Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	2026					
		Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli-Sept
1	Identifikasi Masalah & Studi Literatur	■	■				
2	Penyusunan Proposal		■	■			
3	Seminar Proposal				■		
4	Imprementasi Prototype Alat					■	
5	Penyusunan Skripsi						■
6	Sidang Meja Hijau						■
7	Revisi Pasca Sidang Meja Hijau dan Penulisan Artikel Jurnal						■

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi Sistem

4.1.1. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen elektronik sesuai skema rangkaian yang telah dirancang sebagaimana pada bagian metodologi Seluruh komponen utama yaitu ESP32 Dev Module, Motor Driver L298N, Motor DC 12V, dua buah Limit Switch Mikro, Step-Down Module, Buzzer, dan LED indikator berhasil dirakit dan ditempatkan pada kotak kendali yang terpasang pada rangka prototipe. Prototipe krey dibuat dari lembaran PVC yang disusun secara berurutan dan dihubungkan menggunakan kawat penghubung fleksibel, kemudian dipasang pada rel pemandu di sisi kanan dan kiri rangka.

Hasil perakitan perangkat keras menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat beroperasi secara terintegrasi tanpa konflik tegangan maupun arus. Step-Down Module berhasil dikonfigurasi pada output stabil 5V untuk menyuplai ESP32, sementara jalur 12V dari Power Supply langsung menyuplai Motor Driver L298N. Konfigurasi *common ground* yang menghubungkan GND seluruh komponen memastikan sinyal logika dari ESP32 terbaca dengan benar oleh L298N dan komponen logika lainnya.



Gambar 4.1 Hasil Implementasi Perangkat Keras

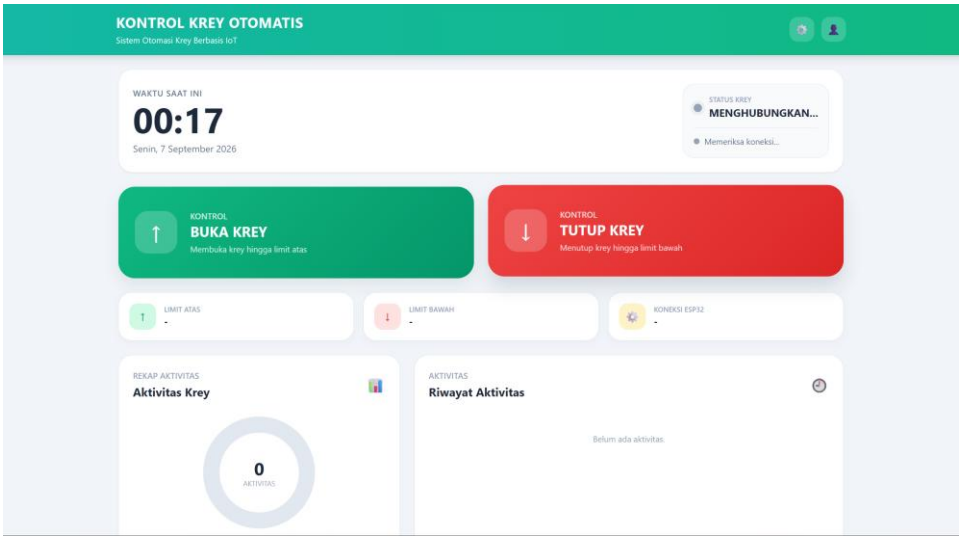
4.1.2. Implementasi Perangkat Lunak

Firmware ESP32 berhasil ditulis menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++ dan diunggah ke ESP32 Dev Module. Firmware mengimplementasikan tiga fungsi utama: (1) koneksi ESP32 ke jaringan Wi-Fi lokal, (2) inisialisasi *web server* menggunakan library ESPAsyncWebServer dengan tiga *endpoint* utama yaitu /buka, /tutup, dan /status, serta (3) logika kendali motor dan pembacaan Limit Switch pada fungsi loop().

Halaman web antarmuka kendali berhasil dibangun menggunakan PHP Native, CSS, dan JavaScript, kemudian dijalankan di web browser. Antarmuka web menampilkan status krey secara *real-time* melalui mekanisme AJAX *polling* ke *endpoint* /status setiap 1 detik.

4.1.3. Hasil Implementasi Antarmuka Web

Antarmuka web berhasil diakses melalui browser pada smartphone maupun komputer yang terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama dengan ESP32. Halaman web menampilkan empat elemen utama secara responsif: (1) label status krey dengan indikator warna dinamis hijau untuk TERBUKA dan merah untuk TERTUTUP, (2) tombol BUKA dan TUTUP, (3) informasi koneksi dan waktu pembaruan terakhir, serta (4) log aktivitas yang mencatat setiap perintah dan perubahan status secara kronologis. Tampilan antarmuka web dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.2 Antarmuka Website

4.2. Hasil Pengujian Fungsional (Black Box Testing)

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode Black Box Testing dengan delapan skenario uji yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengujian dilakukan secara berurutan untuk memastikan setiap fungsi sistem bekerja sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Hasil pengujian selengkapnya dirangkum pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Skrenario

No	Skenario Uji	Input	Output yang Diharapkan	Output Aktual	Status
1	Koneksi ESP32 ke Wi-Fi	Power ON	ESP32 terhubung ke jaringan Wi-Fi dan menampilkan IP Address pada Serial Monitor	ESP32 berhasil terhubung ke Wi-Fi, IP Address tampil pada Serial Monitor dalam ±3 detik	Selesai
2	Halaman web dapat diakses	Buka browser, masukkan IP ESP32	Halaman kendali tampil lengkap di browser	Halaman web berhasil tampil dengan seluruh elemen (status, tombol, log) pada browser smartphone dan komputer	Selesai
3	Perintah Buka via antarmuka web	Tekan tombol BUKA pada halaman web	Motor DC berputar maju, krey bergerak naik	Motor DC berputar ke arah maju dan krey bergerak naik setelah tombol ditekan	Selesai
4	Penghentian otomatis posisi terbuka	Limit Switch atas aktif (krey mencapai posisi terbuka penuh)	Motor berhenti, LED hijau menyala, buzzer berbunyi 1x	Motor berhenti secara otomatis, LED hijau menyala, buzzer berbunyi 1x	Selesai

5	Pembaruan status "TERBUKA" di web	Limit Switch atas aktif	Label status pada halaman web berubah menjadi "TERBUKA"	Label status berubah menjadi "TERBUKA" dengan indikator warna hijau dalam ≤1 detik	Selesai
6	Perintah Tutup via antarmuka web	Tekan tombol TUTUP pada halaman web	Motor DC berputar mundur, krey bergerak turun	Motor DC berputar ke arah mundur dan krey bergerak turun setelah tombol ditekan	Selesai
7	Penghentian otomatis posisi tertutup	Limit Switch bawah aktif (krey mencapai posisi tertutup penuh)	Motor berhenti, LED merah menyala, buzzer berbunyi 2x	Motor berhenti secara otomatis, LED merah menyala, buzzer berbunyi 2x	Selesai
8	Pembaruan status "TERTUTUP" di web	Limit Switch bawah aktif	Label status pada halaman web berubah menjadi "TERTUTUP"	Label status berubah menjadi "TERTUTUP" dengan indikator warna merah dalam ≤1 detik	Selesai

4.2.1. Analisis Hasil Pengujian Fungsional

Berdasarkan Tabel 4.1, seluruh delapan skenario pengujian fungsional menghasilkan status Selesai, sehingga persentase keberhasilan sistem dihitung sebagai berikut:

$$Persentase\ Keberhasilan = (8 / 8) \times 100\% = 100\% \qquad (2)$$

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem otomasi krey yang dibangun telah berfungsi sesuai dengan seluruh spesifikasi yang dirancang. Beberapa catatan penting dari hasil pengujian fungsional adalah sebagai berikut:

Pertama, mekanisme penghentian otomatis melalui Limit Switch (skenario 4 dan 7) berfungsi dengan sangat andal. Pada setiap percobaan, motor DC berhasil berhenti dalam waktu kurang dari 100 milidetik setelah Limit Switch aktif, sehingga tidak terjadi pergerakan krey yang berlebih (*over-travel*) yang dapat merusak mekanis prototipe.

Kedua, pembaruan status pada antarmuka web (skenario 5 dan 8) berlangsung dengan latensi yang sangat kecil di bawah 1 detik dari perubahan status fisik hingga tampilan diperbarui di browser. Hal ini terjadi karena mekanisme AJAX *polling* berjalan setiap 1 detik, sehingga maksimum keterlambatan pembaruan status hanya sebesar 1 siklus polling.

Ketiga, tombol BUKA dan TUTUP pada antarmuka web (skenario 3 dan 6) secara otomatis dinonaktifkan (*disabled*) selama motor sedang bergerak, sehingga pengguna tidak dapat mengirimkan perintah ganda yang dapat menyebabkan konflik arah motor. Ini merupakan fitur keamanan tambahan yang berhasil diimplementasikan pada level antarmuka web.

4.3. Hasil Pengujian Respons Waktu

Pengujian respons waktu dilakukan untuk mengukur durasi yang dibutuhkan sistem sejak tombol perintah ditekan pada halaman web hingga motor DC mulai bergerak secara fisik. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk masing-masing skenario buka dan tutup. Hasil pengukuran dirangkum pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Respons Waktu (Skenario BUKA)

Percobaan ke-	**Respons Waktu (ms)**
1	612
2	587
3	634
4	601
5	578
6	623
7	595
8	641
9	588
10	607
Rata-rata	606,6 ms
Minimum	578 ms
Maksimum	641 ms
Std. Deviasi	21,4 ms

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Respons Waktu (Skenario TUTUP)

Percobaan ke-	**Respons Waktu (ms)**
1	598
2	614

3	579
4	632
5	591
6	608
7	624
8	583
9	617
10	596
Rata-rata	**604,2 ms**
Minimum	**579 ms**
Maksimum	**632 ms**
Std. Deviasi	**17,8 ms**

4.3.1. Analisis Hasil Pengujian Respons Waktu

Berdasarkan Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, rata-rata respons waktu sistem untuk skenario BUKA adalah 606,6 ms dan untuk skenario TUTUP adalah 604,2 ms, dengan rata-rata keseluruhan sebesar 605,4 ms atau sekitar 0,6 detik.

Nilai standar deviasi yang relatif kecil yaitu 21,4 ms untuk skenario BUKA dan 17,8 ms untuk skenario TUTUP menunjukkan bahwa respons sistem konsisten dan stabil di seluruh percobaan. Fluktuasi kecil yang terjadi disebabkan oleh variasi latensi jaringan Wi-Fi lokal yang bersifat wajar dan tidak dapat dihindari pada sistem berbasis jaringan nirkabel.

Respons waktu rata-rata sebesar ±605 ms ini dapat diterima untuk keperluan operasional krey toko. Pengguna tidak membutuhkan respons dalam milidetik seperti pada sistem kendali industri selama krey bergerak dalam waktu kurang dari 1 detik setelah perintah diberikan, sistem sudah memenuhi ekspektasi penggunaan

sehari-hari. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian Nizam et al. (2022) yang menyatakan bahwa latensi di bawah 1 detik pada sistem kendali berbasis web lokal ESP32 masih tergolong dalam kategori responsif untuk aplikasi non-kritis.

4.4. Pembahasan

4.4.1. Ketercapaian Tujuan Penelitian

Berdasarkan seluruh hasil pengujian yang telah diuraikan, berikut adalah pemetaan ketercapaian setiap tujuan penelitian yang telah ditetapkan pada Latar belakang.

Tabel 4.4 Ketercapaian Tujuan Penelitian

No	Tujuan Penelitian	Hasil	Status
1	Merancang dan membangun sistem otomasi krey berbasis ESP32 yang dapat dikendalikan melalui antarmuka web lokal	Sistem berhasil dibangun dan beroperasi penuh; seluruh komponen terintegrasi dengan baik	Tercapai
2	Mengimplementasikan ESP32 sebagai *web server* lokal yang melayani antarmuka kendali dan pemantauan status krey secara *real-time*	ESP32 berhasil difungsikan sebagai *web server*, antarmuka web dapat diakses melalui browser, status diperbarui setiap 1 detik via AJAX	Tercapai
3	Mengimplementasikan fitur kendali jarak jauh dan pemantauan status krey	Kendali jarak jauh via tombol web berfungsi; status krey dapat dipantau kapan saja selama terhubung Wi-Fi	Tercapai

	berbasis web sebagai upaya peningkatan keamanan toko		
4	Menguji tingkat keberhasilan sistem dalam merespons perintah buka/tutup secara otomatis	Persentase keberhasilan 100% (8/8 skenario Pass); rata-rata respons waktu 605,4 ms	Tercapai

4.4.2. Kelebihan Sistem

Berdasarkan hasil pengujian dan observasi selama proses implementasi, sistem yang dibangun memiliki beberapa kelebihan sebagai berikut:

1. Tidak memerlukan aplikasi tambahan antarmuka web dapat diakses langsung melalui browser standar pada perangkat apapun (smartphone Android, iOS, maupun komputer), tanpa instalasi aplikasi pihak ketiga.
2. Tidak bergantung pada internet eksternal sistem beroperasi sepenuhnya pada jaringan Wi-Fi lokal, sehingga tetap berfungsi meskipun koneksi internet sedang tidak tersedia.
3. Penghentian motor otomatis yang andal mekanisme Limit Switch berhasil menghentikan motor dalam waktu kurang dari 100 ms setelah posisi akhir tercapai, mencegah kerusakan mekanis pada sistem.
4. Antarmuka responsif dan intuitif seluruh responden berhasil mengoperasikan sistem tanpa panduan, menunjukkan bahwa desain antarmuka sudah cukup ramah pengguna.

5. Indikator fisik ganda kombinasi LED dan Buzzer memberikan konfirmasi di lokasi toko yang melengkapi pemantauan melalui antarmuka web.

4.4.3. Keterbatasan Sistem

Di samping kelebihan yang dimiliki, sistem ini juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan untuk pengembangan selanjutnya:

1. Jangkauan terbatas pada Wi-Fi lokal sistem hanya dapat diakses dari dalam jaringan Wi-Fi yang sama dengan ESP32, sehingga kendali dari luar jaringan (misalnya saat pemilik berada jauh dari toko) tidak memungkinkan tanpa tambahan infrastruktur seperti VPN atau port forwarding.
2. Tidak ada autentikasi pengguna halaman web saat ini dapat diakses oleh siapa saja yang terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama, tanpa proteksi berupa username dan password.
3. Skala prototipe pengujian hanya dilakukan pada prototipe berskala kecil dengan krey berbahan PVC/Akrilik yang jauh lebih ringan dibandingkan krey toko sesungguhnya, sehingga diperlukan penyesuaian daya motor jika diterapkan pada skala nyata.

BAB V
PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem otomasi dan kendali jarak jauh krey toko berbasis web yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem otomasi krey toko berbasis ESP32 berhasil dirancang dan dibangun secara fungsional dalam skala prototipe. Sistem mengintegrasikan Motor DC 12V, Motor Driver L298N, dua buah Limit Switch Mikro, Step-Down Module, Power Supply 12V/2A, Buzzer, dan LED indikator ke dalam satu rangkaian terpadu yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 Dev Module sebagai unit pemroses utama.

2. ESP32 berhasil diimplementasikan sebagai *web server* lokal menggunakan library ESPAsyncWebServer, yang melayani antarmuka kendali berbasis HTML, CSS, dan JavaScript secara langsung kepada browser pengguna. Antarmuka web menampilkan status krey secara *real-time* melalui mekanisme AJAX *polling* ke *endpoint* /status setiap 1 detik, sehingga pengguna dapat memantau kondisi krey tanpa perlu memuat ulang halaman secara manual.

3. Sistem berhasil menghadirkan fitur kendali jarak jauh dan pemantauan status krey berbasis web yang secara langsung meningkatkan keamanan toko. Pemilik toko dapat membuka atau menutup krey dari mana saja selama terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama, memantau status krey secara *real-*

time melalui browser, serta mendapatkan konfirmasi fisik melalui indikator LED dan buzzer di lokasi toko — tanpa memerlukan instalasi aplikasi tambahan.

4. Berdasarkan hasil pengujian fungsional menggunakan metode Black Box Testing, seluruh delapan skenario uji menghasilkan status *Pass* dengan persentase keberhasilan sebesar 100%. Rata-rata respons waktu sistem dari perintah ditekan pada antarmuka web hingga motor DC mulai bergerak adalah 605,4 ms dengan nilai minimum 578 ms dan maksimum 641 ms yang tergolong responsif dan konsisten untuk keperluan operasional kendali krey toko sehari-hari.

5.2. Saran

Berdasarkan keterbatasan sistem yang ditemukan selama proses penelitian serta masukan dari responden pada tahap pengujian, berikut adalah saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem lebih lanjut:

1. Penambahan fitur *autentikasi* pengguna. Sistem saat ini belum memiliki proteksi berupa *login* atau kata sandi, sehingga antarmuka web dapat diakses oleh siapa saja yang terhubung ke jaringan Wi-Fi yang sama. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan mekanisme *autentikasi* sederhana berbasis *username* dan *password* pada halaman web untuk meningkatkan keamanan akses sistem.

2. Perluasan jangkauan kendali melalui jaringan internet. Sistem saat ini hanya dapat diakses dalam satu jaringan Wi-Fi lokal yang sama. Untuk meningkatkan fleksibilitas penggunaan, penelitian selanjutnya dapat

mengeksplorasi implementasi *Dynamic DNS* (DDNS), *port forwarding*, atau VPN agar sistem dapat diakses dari luar jaringan lokal sehingga pemilik toko dapat mengendalikan krey meskipun sedang berada jauh dari lokasi toko.

3. Penerapan pada skala dan beban krey sesungguhnya. Pengujian dalam penelitian ini dilakukan pada prototipe skala kecil dengan krey berbahan PVC/Akrilik yang relatif ringan. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji sistem pada krey toko sesungguhnya berbahan aluminium atau baja, dengan menyesuaikan spesifikasi motor (torsi dan daya) agar mampu menanggung beban mekanis yang lebih besar.

4. Penambahan fitur penjadwalan otomatis. Sistem saat ini hanya mendukung kendali manual melalui antarmuka web. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur penjadwalan (*scheduling*) pada firmware ESP32 menggunakan modul RTC (*Real-Time Clock*), sehingga krey dapat membuka dan menutup secara otomatis pada waktu yang telah ditentukan oleh pemilik toko tanpa perlu memberikan perintah manual setiap hari.

5. Penambahan sensor keamanan tambahan. Untuk meningkatkan aspek keamanan sistem, penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan sensor tambahan seperti sensor getar atau sensor inframerah pada krey, sehingga sistem dapat mendeteksi upaya pembongkaran atau gangguan fisik pada krey dan memberikan peringatan kepada pemilik toko secara otomatis.

6. Penyempurnaan antarmuka web. Berdasarkan masukan responden selama pengujian, antarmuka web dapat ditingkatkan dengan menambahkan umpan

balik visual sementara pada tombol (misalnya teks "Memproses..." saat perintah sedang dieksekusi) serta riwayat log aktivitas yang dapat disimpan secara permanen untuk keperluan pemantauan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Shareeda, M., Jafer, A., Hashem, M., & Fajr, M. (2024). Secure Offline Smart Office Automation System Using Esp32 And Bluetooth Control Architecture. *Journal Of Cyber Security And Risk Auditing*, *2024*, 3–13. Https://Doi.Org/10.63180/Jcsra.Thestap.2024.1.2

Anggreini, N., Ekawati, N., & Ichsan, H. (2023). Prototype Sistem Kendali Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Internet Of Things (Iot): Indonesia. *Infotekmesin*, *14*, 257–264. Https://Doi.Org/10.35970/Infotekmesin.V14i2.1893

Ardian Eza Pratama, Muhammad Hurairah, & Eliza. (2024). Otomasi Sistem Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Esp32. *Jurnal Surya Energy*, *9*(1), 1–7. Https://Doi.Org/10.32502/Jse.V9i1.172

Asysyauqi, H., Andriansyah, M., Ulla, L., & Sucipto, A. (2025). Sistem Keamanan Pintu Otomatis Berbasis Iot Dengan Teknologi Rfid Dan Aplikasi Mobile Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Modem : Jurnal Informatika Dan Sains Teknologi.*, *3*, 42–50. Https://Doi.Org/10.62951/Modem.V3i2.405

Elsaputra, D. (2023). Analisis Implementasi Sensor Infra Merah Terhadap Hasil Instruksi Pada Rangkaian Ic Gerbang Logika Palang Pintu Otomatis. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik Dan Teknologi Maritim*, *2*, 8–15. Https://Doi.Org/10.58192/Ocean.V2i1.580

Erlina, T., & Fikri, M. (2023). A Yolo Algorithm-Based Visitor Detection System For Small Retail Stores Using Single Board Computer. *Journal Of Applied Engineering And Technological Science (Jaets)*, *4*, 908–920. Https://Doi.Org/10.37385/Jaets.V4i2.1872

Kakani, D., Kulkarni, A., Pandya, Y., & Mehendale, N. (2024). Iot-Based Smart Home Automation Using Esp32 And Blynk With Enhanced Reliability. *Ssrn Electronic Journal*. Https://Doi.Org/10.2139/Ssrn.4802741

Malabay. (2016). *Pemanfaatan Flowchart Untuk Kebutuhan Deskripsi Proses Bisnis*.

Mu, X., & Antwi-Afari, M. (2024). The Applications Of Internet Of Things (Iot) In Industrial Management: A Science Mapping Review. *International Journal Of Production Research*, 1–25. Https://Doi.Org/10.1080/00207543.2023.2290229

Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *6*, 767–772. Https://Doi.Org/10.36040/Jati.V6i2.5713

Okpatrioka. (2023). *Okpatrioka Stkip Arrahmaniyah*.

Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, *21*, 31. Https://Doi.Org/10.24843/Mite.2022.V21i01.P05

Rangkuti, T. H., & **Martiano, M.** (2025). Design Of Iot Based Electrical Parameter Monitoring System Using Nodemcu V3 And Pzem-004t V3 Sensor. *Tsabit Journal Of Computer Science*, *2*(1), 1–8. Https://Doi.Org/10.56211/Tsabit42

Sajiwo, A. A. B., & **Martiano, M**. (2025). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Pada Tambak Ikan Nila Berbasis Iot Menggunakan Nodemcu V3 Dengan Sensor Tds Dan Ds18b20. *Jurnal Sains, Teknologi &Amp; Komputer*, *2*(2), 71–76. Https://Doi.Org/10.56495/Saintek.V2i2.1094

Santosa, S. Purwo., & Nugroho, W. Mas. (2021). *Rancang Bangun Alat Pintu Geser Otomatis Menggunakan Motor Dc 24 V*. *9*(1).

Satriawan, I., Setiadi, I., Saputra, I., Wisesa, W., Dewi, D., Widharma, I. G., Ardana, I. W., Teresna, I., Sudiartha, I., & Sugiarta, I. (2022). Sistem Kontrol Otomatis Dan Monitoring Temperatur Ruangan Menggunakan Esp-32 Untuk Mengendalikan Motor Dc Pada Motorized Valve. *Journal Of Applied Mechanical Engineering And Green Technology*, *3*, 99–103. Https://Doi.Org/10.31940/Jametech.V3i3.99-103

Selay, A., Andigha, G. D., Alfarizi, A., Bintang Wahyudi, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet Of Things. *Karimah Tauhid*, *1*(6), 860–868. Https://Doi.Org/10.30997/Karimahtauhid.V1i6.7633

Waris, A., Hasan, H., Ulya, I., Armayrishtya, Z., Fitriana Hafsah, Zakia, Administrasi Niaga, J., & Negeri Malang, P. (2023). *Pelatihan Dan Pendampingan Tata Display Toko: Sebagai Upaya Identifikasi Risiko Bisnis*. *4*. Http://Jurnal.Upnyk.Ac.Id/Index.Php/Dlppm/

Wijaya, Asni Tafrikhatin, & Prasetyo, D. A. (2023). Rancang Bangun Pintu Geser Otomatis Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Atmega 328.

Jasatec : Journal Of Students Of Automotive, Electronic And Computer, *2*(1), 37–45. Https://Doi.Org/10.37339/Jasatec.V2i1.1424

rancang-bangun-sistem-otomasi-dan-kendali-jarak-jauh-krey-toko-berbasis-web_1791119242176.docx

ORIGINALITY REPORT

20%
SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet	692 words — 6%
2	repository.polibatam.ac.id Internet	93 words — 1%
3	repository.ar-raniry.ac.id Internet	62 words — 1%
4	repository.unpkediri.ac.id Internet	61 words — 1%
5	repository.pnj.ac.id Internet	47 words — < 1%
6	eprints.polbeng.ac.id Internet	45 words — < 1%
7	docplayer.info Internet	43 words — < 1%
8	lab.tik.pnj.ac.id Internet	42 words — < 1%
9	eprints.polsri.ac.id Internet	41 words — < 1%
10	elib.pnc.ac.id Internet	40 words — < 1%
11	123dok.com Internet	35 words — < 1%
12	eprints.amikom.ac.id Internet	

		35 words — < 1%
13	eprints2.undip.ac.id Internet	33 words — < 1%
14	Mohammad Misbakhus Surur Author, Tholib Hariono Author. "PENGEMBANGAN SISTEM TABUNGAN OTOMATIS MENGGUNAKAN ESP32, SENSOR COIN ACCEPTOR, DAN RFID UNTUK LINGKUNGAN SEKOLAH DASAR", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2025 Crossref	28 words — < 1%
15	digilib.unimed.ac.id Internet	25 words — < 1%
16	myanwyn.blogspot.com Internet	24 words — < 1%
17	repository.ulb.ac.id Internet	24 words — < 1%
18	repository.itpln.ac.id Internet	23 words — < 1%
19	repository.umb.ac.id Internet	22 words — < 1%
20	jurnal.lldikti13.id Internet	21 words — < 1%
21	repository.its.ac.id Internet	21 words — < 1%
22	ejurnal.itats.ac.id Internet	19 words — < 1%
23	pt.scribd.com Internet	18 words — < 1%
24	Devi Pratiwi, Agus Budi Prasetyo. "Klasterisasi Donor Darah Reaktif IMLTD Di PMI Dki Jakarta Dengan K-Means", Indonesian Journal of Multidisciplinary on Social and Technology, 2026 Crossref	17 words — < 1%
	repo.darmajaya.ac.id	

25	Internet	17 words — < 1%
26	Made Waradiana Aryadi, I Ketut Resika Arthana, Putu Hendra Suputra. "SMART LOCK SYSTEM BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 UNTUK KEAMANAN AKSES PUSAT DATA (STUDI KASUS: UPA TIK UNDIKSHA)", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Crossref	16 words — < 1%
27	campusdigital.id Internet	16 words — < 1%
28	jurnal.umpwr.ac.id Internet	16 words — < 1%
29	kc.umn.ac.id Internet	16 words — < 1%
30	jurnal.politeknik-kebumen.ac.id Internet	15 words — < 1%
31	Maulida, Fanda Kumariana. "Peran Corporate Governance Dalam Financialdistress Pada Saham Syariah Yang Go Public Dibursa Efek Indonesia", Universitas Islam Sultan Agung (Indonesia), 2022 ProQuest	14 words — < 1%
32	repository.upbatam.ac.id Internet	14 words — < 1%
33	Muhammad Syahrul Rizal, Veri Julianto. "Rancang Bangun Aplikasi Marketplace Tour dan Travel Di Kota Semarang", Jurnal Sains dan Informatika, 2019 Crossref	13 words — < 1%
34	dspace.uii.ac.id Internet	13 words — < 1%
35	jcsra.thestap.com Internet	13 words — < 1%
36	jurnal.lpkia.ac.id Internet	13 words — < 1%
37	pdffox.com Internet	13 words — < 1%

49	belajar-mikrokontroler2017.blogspot.com Internet	10 words — < 1%
50	ejournal3.unud.ac.id Internet	10 words — < 1%
51	indobot.co.id Internet	10 words — < 1%
52	repository.um-palembang.ac.id Internet	10 words — < 1%
53	repository.unj.ac.id Internet	10 words — < 1%
54	www.scribd.com Internet	10 words — < 1%
55	A C Padmasari, M Hariadi, C Christyowidiasmoro. "Hand motion tracking based on gesture understanding using leap gesture for virtual 3D batik gallery", Journal of Physics: Conference Series, 2020 Crossref	9 words — < 1%
56	digilib.unila.ac.id Internet	9 words — < 1%
57	doaj.org Internet	9 words — < 1%
58	jiees.alkhoziny.ac.id Internet	9 words — < 1%
59	journal.aptii.or.id Internet	9 words — < 1%
60	jurnal.muaraedukasi.id Internet	9 words — < 1%
61	repositori.buddhidharma.ac.id Internet	9 words — < 1%
62	www.umc.ac.id Internet	9 words — < 1%

63	Muhammad Rafly Tantowi, Ayub Wimatra, Muhammad Iqbal. "RANCANGAN SISTEM SMART BUGGY DENGAN KENDALI BERBASIS WEB MELALUI SMARTPHONE DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN", Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran, 2025 Crossref	8 words — < 1%
64	conference.usm.ac.id Internet	8 words — < 1%
65	dailysocial.id Internet	8 words — < 1%
66	journal.eng.unila.ac.id Internet	8 words — < 1%
67	journal.sekawan-org.id Internet	8 words — < 1%
68	journal.unibos.ac.id Internet	8 words — < 1%
69	journal.universitaspahlawan.ac.id Internet	8 words — < 1%
70	jurnal.bsi.ac.id Internet	8 words — < 1%
71	kitchenuhmaykoosib.com Internet	8 words — < 1%
72	mafiadoc.com Internet	8 words — < 1%
73	repository.bsi.ac.id Internet	8 words — < 1%
74	repository.polman-babel.ac.id Internet	8 words — < 1%
75	repository.ubharajaya.ac.id Internet	8 words — < 1%
76	www.cekaja.com Internet	8 words — < 1%

77	www.nesabamedia.com Internet	8 words — < 1%
78	www.temukanpengertian.com Internet	8 words — < 1%
79	yudiagusta.files.wordpress.com Internet	8 words — < 1%
80	repository.ub.ac.id Internet	7 words — < 1%
81	ojs.uajy.ac.id Internet	6 words — < 1%
82	repositori.usu.ac.id Internet	4 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES	ON	EXCLUDE SOURCES	OFF
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY	ON	EXCLUDE MATCHES	OFF

38	andysimpen.wordpress.com Internet	12 words — < 1%
39	ejournal3.undip.ac.id Internet	12 words — < 1%
40	journal.nurulfikri.ac.id Internet	12 words — < 1%
41	repositori.unsil.ac.id Internet	12 words — < 1%
42	repository.upi.edu Internet	12 words — < 1%
43	widuri.raharja.info Internet	12 words — < 1%
44	Afrizal Martin, Kanti Lestari, Mardiyanto Mardiyanto. "TRANSFORMASI DIGITAL UMKM SANGGAR TAPIS PRINGSEWU: IMPLEMENTASI E-COMMERCE ANDROID UNTUK PENINGKATAN DAYA SAING", Technologia : Jurnal Ilmiah, 2026 Crossref	11 words — < 1%
45	David Agustianto Rapel, Zulhipni Reno Saputra, Lucky Indra Kusuma. "Implementasi Sistem Informasi Manajemen Aset Inventaris Alat Kerja Karyawan Pustekinfo DPR RI Berbasis Web", Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi, 2026 Crossref	11 words — < 1%
46	idoc.pub Internet	11 words — < 1%
47	Nur Cahyo Juniyanto -. "PROTOTIPE SISTEM PENJEMUR PAKAIAN OTOMATIS BERBASIS IOT DENGAN PEMANTAUAN VISUAL ESP32-CAM DAN KENDALI APLIKASI MOBILE", Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan, 2026 Crossref	10 words — < 1%
48	Weldi , Dedi Triyanto , Uray Ristian. "APLIKASI SISTEM KONTROL PORTAL PARKIR MENGGUNAKAN METODE LOCK GPS BERBASIS INTERNET OF THINGS (Studi Kasus: Lahan Parkir Masjid Raya Mujahidin Pontianak)", Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi, 2020 Crossref	10 words — < 1%