

Internet of Things

Smart Gate Guardian: Purwarupa Gerbang Rumah Otomatis Berbasis IoT dengan Kontrol Telegram dan Sensor Ultrasonik

Abdullah Nur Afghani Gymnasdiar^{}, Oktania Putri Hani, Aria Rohmat Sulistiyo, Erwin Apriliyanto*

Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Komputer, Universitas Muhammadiyah Karanganyar, Karanganyar, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 04 Januari 2026
Revisi Akhir: 02 Maret 2026
Diterbitkan *Online*: 16 Maret 2026

KATA KUNCI

ESP32
Internet of Things
Smart Gate
Sensor Ultrasonik
Telegram

KORESPONDENSI^(*)

Phone: +62 815-7559-5582
E-mail: afghanigymnasdiar@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) mendorong penggunaan sistem otomatis pada lingkungan rumah untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan akses. Gerbang rumah sebagai akses utama keluar dan masuk masih banyak dioperasikan secara manual atau semi otomatis, yang dapat menyebabkan ketidakefisienan serta resiko keselamatan akibat kelalaian pengguna dan ketiadaan mekanisme halangan. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem *Smart Gate Guardian*, yaitu sistem gerbang otomatis berbasis IoT yang dikendalikan melalui aplikasi Telegram dan dilengkapi mekanisme keselamatan aktif. Metode penelitian yang digunakan adalah *prototyping*, dengan sistem direalisasikan dalam bentuk prototipe miniatur sebagai model pengujian skala laboratorium. ESP32 digunakan sebagai pengendali utama untuk mengatur motor DC, servo, sensor ultrasonik, dan LED indikator. Sistem dirancang memiliki 2 mode operasi, yaitu mode manual dan otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik pada kedua mode tersebut. Sensor ultrasonik yang dikonfigurasi dengan ambang deteksi 30 cm mampu mendeteksi keberadaan objek pada jarak pengujian antara 15 cm hingga 26 cm selama proses penutupan gerbang dan secara otomatis memicu *auto-reverse* secara *real-time* sehingga gerbang kembali membuka ke posisi aman. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan keamanan dan keandalan pengoperasian gerbang rumah pada skala prototipe miniatur.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi saat ini mendorong pemanfaatan sistem otomatisasi pada berbagai bidang kehidupan, terutama di lingkungan rumah tangga. Konsep *Internet of Things* (IoT) memungkinkan perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat dikendalikan dan dipantau dari jarak jauh dengan tingkat fleksibilitas dan efisiensi yang lebih baik dibandingkan sistem konvensional [1], [2], [3]. Implementasi IoT dalam sistem rumah pintar telah terbukti mampu menyederhanakan aktivitas pengguna serta meningkatkan kenyamanan dan keamanan operasional [4],[5],[1]

Gerbang atau pintu merupakan komponen penting dalam sistem keamanan rumah karena berperan sebagai titik utama pengendalian akses keluar dan masuk. Namun, pada kenyataannya sebagian besar gerbang rumah masih dioperasikan secara manual atau semi-otomatis. Kondisi ini menimbulkan berbagai kendala, seperti kurang efisiennya waktu operasional, ketergantungan pada tenaga manusia, serta meningkatnya risiko keamanan apabila pengguna lupa mengunci gerbang atau tidak dapat memantau kondisinya secara langsung [6],[7],[8]. Hal tersebut menunjukkan perlunya pengembangan sistem gerbang otomatis yang tidak hanya berfungsi untuk membuka dan menutup gerbang, tetapi juga mampu menyediakan kontrol jarak jauh serta mekanisme pengamanan yang andal.

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem gerbang otomatis berbasis mikrokontroler dengan beragam pendekatan. Pemanfaatan mikrokontroler seperti Arduino dan ATmega terbukti efektif dalam mengotomatisasi proses buka dan tutup gerbang secara mekanis [6],[7],[8],[9]. Selain itu, integrasi teknologi memungkinkan sistem gerbang dikendalikan dari jarak jauh melalui aplikasi berbasis web maupun perangkat bergerak [10],[11],[12]. Meskipun demikian, sebagian besar sistem tersebut masih menitikberatkan pada fungsi otomasi dan kontrol dasar, tanpa mempertimbangkan aspek keselamatan fisik secara adaptif selama proses penutupan gerbang.

Keselamatan merupakan aspek krusial dalam pengoperasian gerbang otomatis, terutama terkait risiko penjepitan terhadap manusia, kendaraan, maupun objek lain di sekitar gerbang. Beberapa studi menunjukkan berbagai sensor ultrasonik efektif digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek dan dapat meningkatkan tingkat keselamatan sistem otomatis [13],[14],[15]. Namun, pada banyak implementasi, mekanisme deteksi halangan hanya berfungsi untuk menghentikan sistem, tanpa dilengkapi dengan strategi pemulihan gerakan yang adaptif sehingga gerbang dapat kembali ke kondisi aman secara otomatis.

Di sisi lain, penggunaan platform komunikasi berbasis pesan instan seperti Telegram telah banyak diterapkan sebagai antarmuka kontrol dan monitoring pada sistem IoT karena kemudahan implementasi, dukungan notifikasi secara *real-time*, serta tidak memerlukan pengembangan aplikasi khusus [5],[16],[17]. Integrasi Telegram memungkinkan pengguna memberikan perintah dan memantau status perangkat dari jarak jauh. Akan tetapi, pada beberapa penelitian, pemisahan antara mode kontrol manual dan otomatis belum disertai dengan pengelolaan status sistem yang jelas, sehingga berpotensi menimbulkan konflik perintah pada aktuator.

Berdasarkan telaah terhadap penelitian sebelumnya, masih terdapat celah dalam pengembangan sistem gerbang otomatis berbasis IoT yang mampu mengintegrasikan kontrol jarak jauh melalui Telegram dengan mekanisme kesalahan aktif yang bersifat adaptif. Diperlukan suatu sistem yang tidak hanya dapat mengotomatisasi proses buka tutup gerbang, tetapi juga mampu mendeteksi halangan secara *real-time*, melakukan pembalikan arah secara dinamis, serta memastikan bahwa proses penguncian hanya terjadi ketika penutupan gerbang berlangsung sempurna tanpa gangguan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep sistem keamanan modern yang mengedepankan prinsip *fail safe* dan *state aware control* [18],[19].

Untuk menjawab celah penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem gerbang otomatis berbasis *Internet of Things* yang terintegrasi dengan platform Telegram sebagai media kontrol jarak jauh. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama serta dilengkapi dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek pada kalur gerbang selama proses penutupan. Selain itu, sistem menerapkan sistem *auto-reverse* yang secara otomatis membuka kembali gerbang ketika terdeteksi adanya halangan, serta pengelolaan mode operasi manual dan otomatis untuk meningkatkan fleksibilitas penggunaan.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem gerbang otomatis berbasis ESP32 dan Telegram yang dilengkapi dengan mekanisme *auto reverse* menggunakan sensor ultrasonik. Sistem dirancang dengan pemisahan yang jelas antara mode otomatis, pengelolaan status kerja sistem, serta penekanan pada keselamatan fisik selama proses penutupan gerbang. Dengan pendekatan tersebut, diharapkan sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan keandalan operasional gerbang rumah dalam kondisi penggunaan nyata.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Gerbang Otomatis dan Penelitian Terdahulu

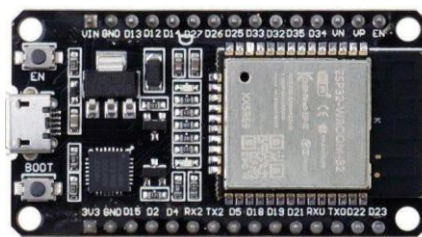
Sistem gerbang otomatis dikembangkan sebagai solusi otomatis untuk meningkatkan efisiensi serta keamanan akses pada lingkungan perumahan dan fasilitas umum. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa mikrokontroler seperti ATmega328P dan Arduino Uno R3 dapat digunakan untuk mengendalikan proses buka dan tutup gerbang secara otomatis dengan hasil yang lebih konsisten dibandingkan pengoperasian manual [6],[7],[8]. Dengan berkembangnya teknologi, *Internet of Things* (IoT) mulai diterapkan pada sistem gerbang untuk memungkinkan pengendalian jarak jauh melalui jaringan internet menggunakan aplikasi web maupun perangkat mobile [10],[11],[12]. Selain itu, berbagai penelitian juga mengkaji penerapan autentikasi digital, serta RFID dan autentikasi berlapis, guna meningkatkan keamanan akses pada sistem pintu dan gerbang otomatis [9],[18],[19].

Namun demikian, sebagian besar sistem gerbang otomatis yang ada masih berfokus pada otomasi dasar dan kontrol akses, sementara aspek keselamatan fisik selama pergerakan gerbang belum banyak dikembangkan secara adaptif. Beberapa penelitian pada sistem otomatis lainnya menunjukkan bahwa sensor ultrasonik efektif untuk mendeteksi keberadaan objek dan meningkatkan keselamatan pengguna perangkat [13],[14],[15]. Pengguna Telegram sebagai antarmuka kontrol pada sistem IoT juga terbukti memudahkan pengendalian dan pemantauan dari jarak jauh [16],[17]. Akan tetapi, pada banyak sistem, mekanisme respons terhadap halangan masih terbatas pada penghentian gerakan tanpa pemulihan otomatis, serta belum disertai dengan pengelolaan status sistem yang jelas antara mode manual dan otomatis. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan sistem gerbang otomatis yang lebih terintegrasi dan berorientasi pada keselamatan.

Internet of Things (IoT)

Internet of Thing (IoT) memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung ke jaringan internet sehingga dapat saling bertukar data dan dikendalikan dari jarak jauh. Penerapan IoT pada sistem otomatis mampu meningkatkan efisiensi kerja dan memudahkan proses pemantauan perangkat secara *real-time* [1],[2],[3]. Pada sistem gerbang otomatis, IoT memungkinkan pengguna mengontrol dan memantau kondisi gerbang tanpa harus berinteraksi langsung dengan perangkat [11],[12].

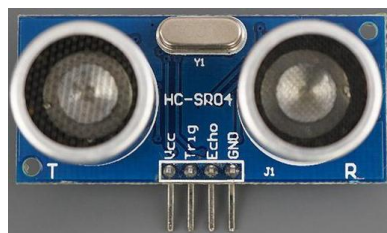
Mikrokontroler ESP32



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang banyak digunakan dalam sistem IoT karena telah dilengkapi dengan WIFI terintegrasi dan memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup baik. Penggunaan ESP32 memungkinkan sistem menjalankan komunikasi jaringan dan pengendalian perangkat secara bersama dalam satu unit[4].

Sensor Ultrasonik



Gambar 2. Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak objek dengan memanfaatkan pantulan gelombang ultrasonik. Sensor ini sering digunakan pada sistem otomatis untuk mendeteksi keberadaan objek dan meningkatkan keselamatan perangkat. beberapa penelitian menunjukkan bahwa sensor ultrasonik efektif dalam mencegah terjadinya benturan pada sistem bergerak [13],[14],[15].

Aktuator Motor DC dan Servo



Gambar 3. Motor DC dan Servo SG-90

Motor DC dan servo digunakan sebagai aktuator untuk menggerakkan sistem mekanis. Motor DC digunakan sebagai penggerak utama gerbang, sedangkan servo berfungsi mengatur posisi pengunci. Kombinasi keduanya memungkinkan sistem bekerja dengan lebih presisi [6],[7],[8].

Telegram sebagai Media Kontrol

Telegram merupakan aplikasi pesan instan yang dapat digunakan sebagai media kontrol dan monitoring pada sistem IoT melalui Bot API. Pengguna dapat mengirim perintah dan menerima informasi status perangkat secara langsung tanpa memerlukan aplikasi tambahan [16][17].

METODOLOGI

Metode Penelitian

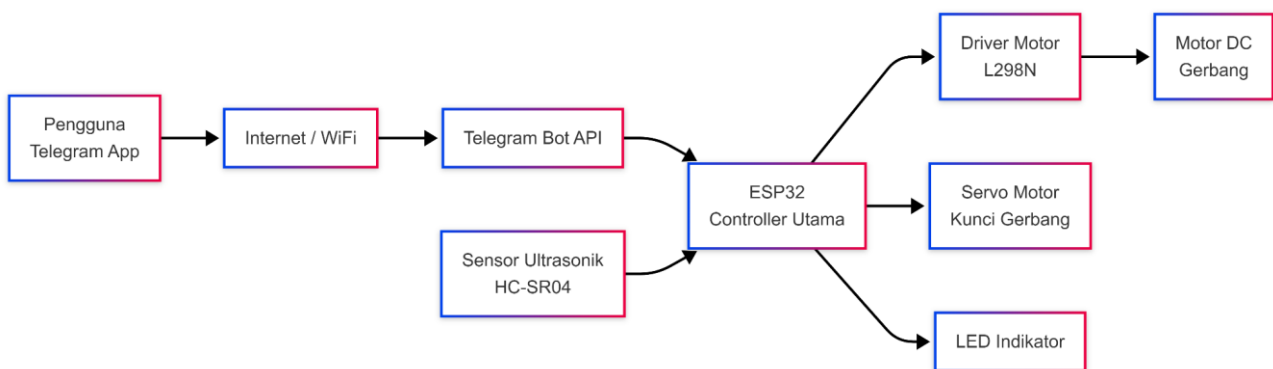
Penelitian ini menerapkan metode *prototyping*, yaitu pendekatan pengembangan sistem yang dilakukan melalui pembuatan purwarupa sebagai representasi awal sistem, kemudian dilakukan pengujian dan perbaikan secara bertahap hingga sistem mampu memenuhi kebutuhan fungsionalitas yang telah ditentukan. prototipe yang dikembangkan merupakan miniatur yang dirancang sebagai model uji coba pada skala laboratorium. Metode ini dipilih karena sesuai untuk pengembangan sistem gerbang otomatis berbasis IoT yang melibatkan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak serta membutuhkan proses pengujian berulang guna menjamin keandalan dan keselamatan operasional sistem.

Tahapan Metode Prototyping

Tahapan penelitian dengan pendekatan *prototyping* meliputi beberapa langkah, yaitu yang pertama analisis kebutuhan sistem untuk menentukan fungsi utama, mode operasi, dan fitur keselamatan. Yang kedua perancangan purwarupa yang mencakup diagram blok, diagram alur, serta skema rangkaian. Yang ketiga implementasi purwarupa melalui perakitan perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak pada ESP32. Yang keempat pengujian fungsionalitas sistem serta evaluasi dan penyempurnaan berdasarkan hasil pengujian hingga diperoleh purwarupa yang stabil dan siap digunakan.

Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem digunakan untuk menggambarkan hubungan fungsional antar komponen utama secara konseptual.

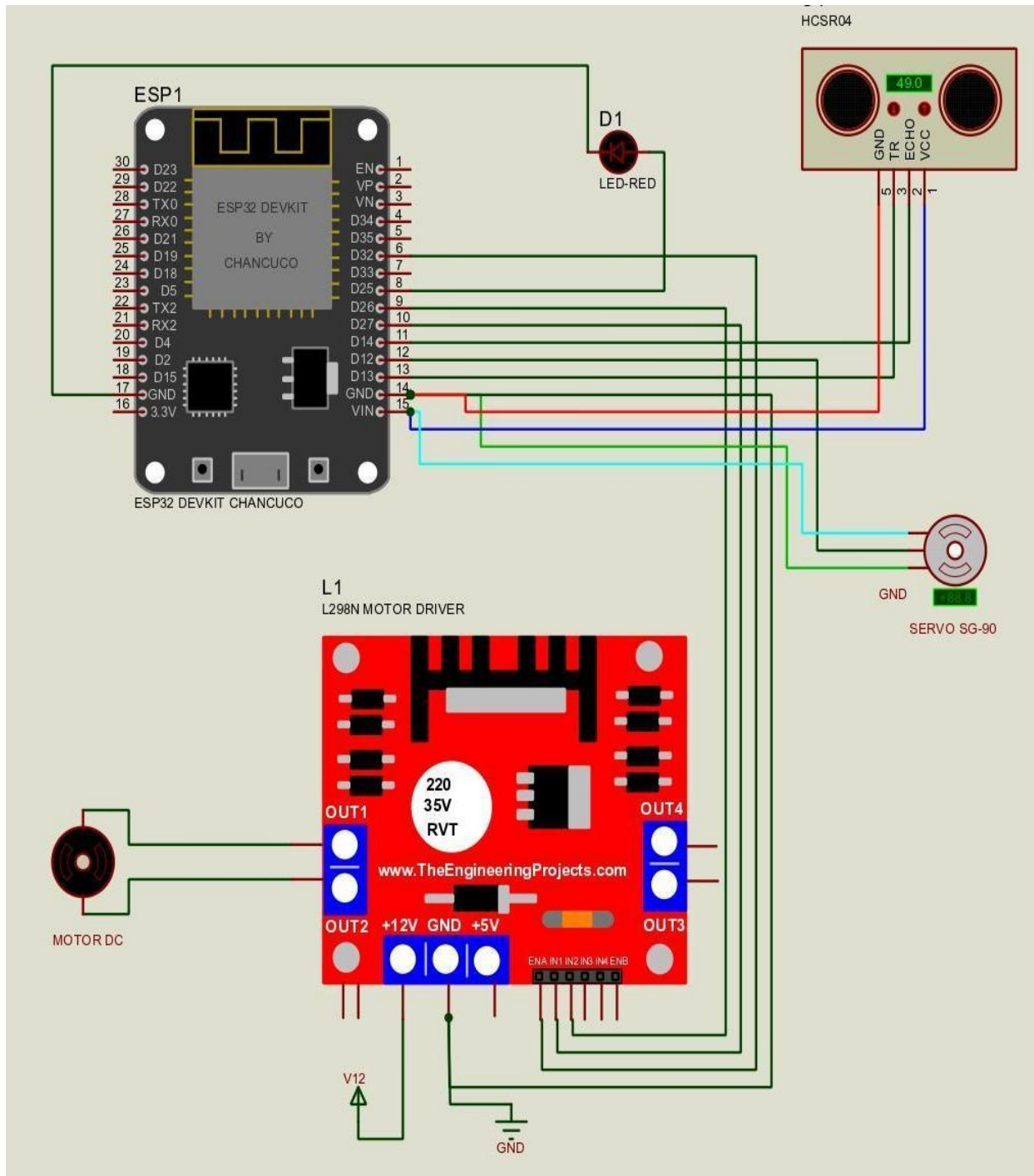


Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Gambar 4 menunjukkan alur perintah yang dikirimkan oleh pengguna melalui aplikasi Telegram, diteruskan melalui jaringan internet dan Telegram Bot API, kemudian diproses oleh ESP32 sebagai pengendali utama. ESP32 mengatur driver motor L298N untuk menggerakkan motor DC dalam proses membuka dan menutup gerbang, mengendalikan servo sebagai mekanisme pengunci, serta mengaktifkan LED sebagai indikator. Sensor ultrasonik berperan sebagai masukan untuk mendeteksi keberadaan objek di jalur gerbang dan memberikan umpan balik ke ESP32.

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan dengan mengintegrasikan ESP32, driver motor L298N, motor DC, servo motor, sensor ultrasonik HC-SR04, dan LED indikator.



Gambar 5. Skema Rangkaian Perangkat Keras

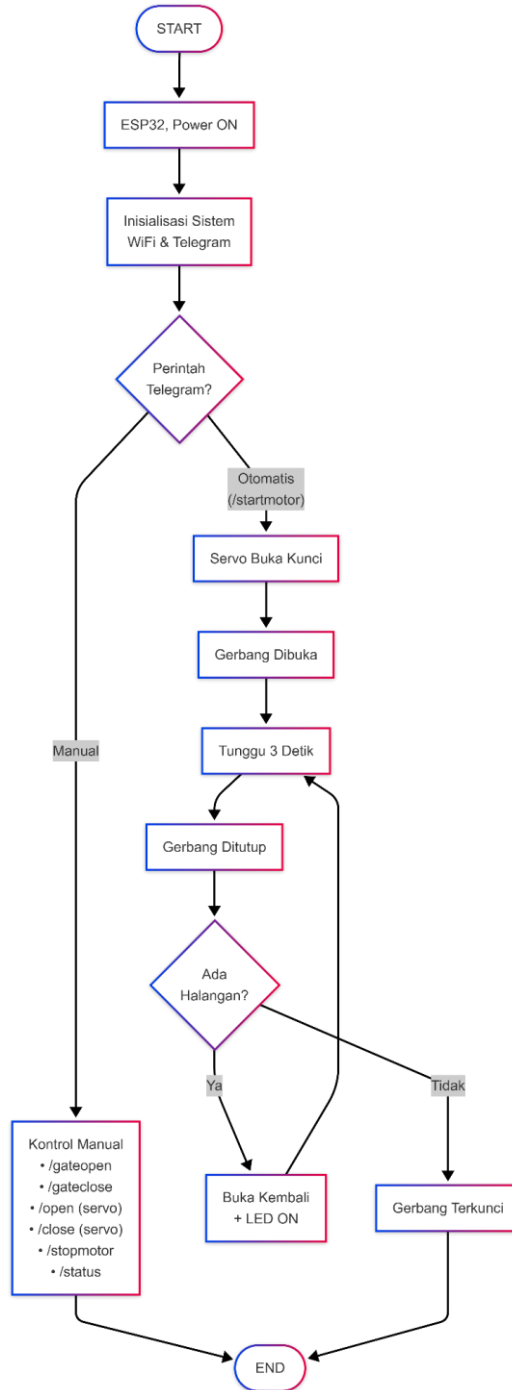
Gambar 5 menampilkan skema rangkaian perangkat keras yang menunjukkan hubungan setiap komponen dengan ESP32 sesuai dengan fungsinya. Motor DC berfungsi sebagai penggerak utama gerbang, servo digunakan untuk membuka dan mengunci mekanisme kunci, sensor ultrasonik ditempatkan pada jalur gerbang untuk mendeteksi halangan, sedangkan LED berfungsi sebagai indikator visual kondisi sistem.

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan sebagai komponen utama untuk mendeteksi keberadaan objek pada jalur pergerakan gerbang selama proses penutupan. Sensor ini bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik yang kemudian dipantulkan kembali oleh objek di depannya dan diterima kembali oleh modul sensor yang sama. ESP32

menghitung waktu pantulan tersebut untuk menentukan jarak objek terhadap sensor. Pada sistem yang dirancang, sensor ditempatkan pada area lintasan gerbang sehingga mampu memantau kemungkinan adanya objek atau pengguna yang berada di jalur gerbang. Sensor dikonfigurasi dengan nilai ambang 30 cm, sehingga apabila objek terdeteksi pada jarak kurang dari nilai tersebut, sistem akan segera menghentikan pergerakan motor DC dan mengaktifkan mekanisme *auto-reverse* untuk membuka kembali gerbang hingga posisi aman.

Perancangan Perangkat Lunak dan Alur Kerja Sistem

Perangkat lunak dirancang dengan pengelolaan status sistem untuk membedakan kondisi siaga dan kondisi saat proses berlangsung. Sistem memiliki dua mode operasi, yaitu mode manual dan mode otomatis.



Gambar 6. Diagram Alur (Flowchart) Sistem

Gambar 6 menunjukkan diagram alur kerja sistem yang diawali dengan inisialisasi ESP32, koneksi WiFi, dan layanan Telegram. Pada mode otomatis, sistem membuka kunci menggunakan servo, membuka gerbang dengan motor DC, menunggu selama 3 detik, kemudian menutup gerbang. Selama proses penutupan, sensor ultrasonik aktif untuk

mendeteksi halangan. Jika halangan terdeteksi, sistem menghentikan penutupan, membuka kembali gerbang, dan menyalakan LED. Jika tidak terdapat halangan, gerbang ditutup sepenuhnya dan dikunci kembali, kemudian sistem kembali ke kondisi siaga.

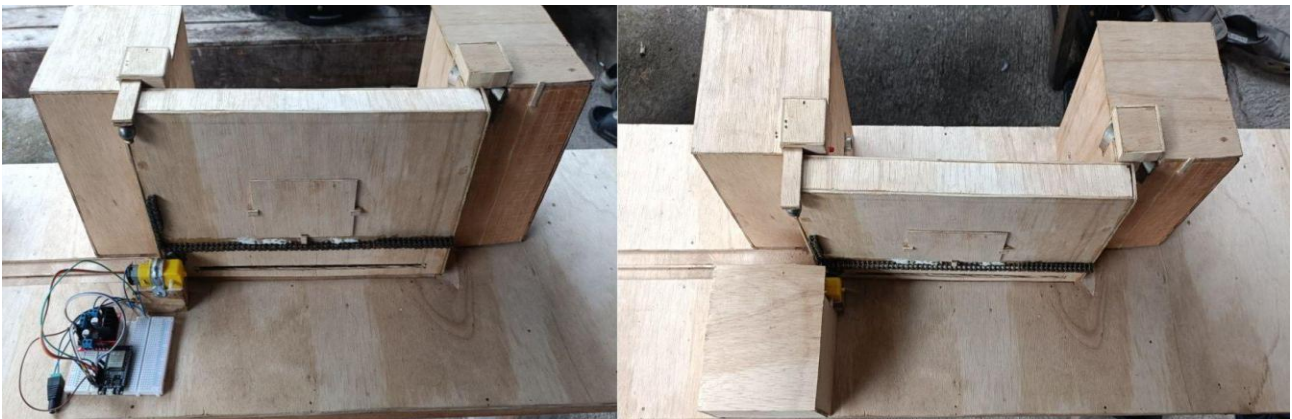
Pengujian dan Evaluasi Prototipe

Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap fungsi sistem berjalan sesuai dengan perancangan. Pengujian meliputi konektivitas Telegram, pengujian mode manual, pengujian mode otomatis, serta pengujian mekanisme keselamatan berbasis sensor ultrasonik. Hasil pengujian digunakan sebagai dasar evaluasi dan penyempurnaan sistem hingga purwarupa beroperasi secara stabil, aman, dan responsif terhadap kondisi lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Hasil Implementasi menunjukkan bahwa sistem Smart Gate Guardian berhasil direalisasikan dalam bentuk prototipe miniatur sebagai model uji coba di skala laboratorium. Untuk miniatur bisa dilihat pada gambar 7 dan 8. Sistem ini terdiri dari ESP32 sebagai pengendali utama, motor DC sebagai penggerak gerbang, servo motor sebagai mekanisme pengunci, sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan, serta LED sebagai indikator visual. Seluruh komponen berhasil diintegrasikan dan dapat berkomunikasi dengan baik melalui jaringan internet menggunakan aplikasi Telegram sebagai antarmuka kontrol.



Gambar 7. Foto Miniatur Tampak Belakang



Gambar 8. Foto Miniatur Tampak Samping dan Atas

Prototipe yang dibangun mampu menjalankan dua mode operasi, yaitu mode manual dan mode otomatis, sesuai dengan perancangan sistem. Setiap mode diuji untuk memastikan fungsi pengendalian gerbang, mekanisme penguncian, serta sistem keselamatan dapat bekerja secara optimal.

Perlu diperhatikan bahwa sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini masih berada pada tahap purwarupa atau *proof of concept* yang dibuat dalam bentuk miniatur untuk keperluan pengujian di laboratorium. Struktur mekanik prototipe masih menggunakan bahan kayu lapis, sedangkan rangkaian elektroniknya dirakit dengan breadboard sehingga desain

fisik sistem belum menggunakan papan sirkuit cetak permanen (*Printed Circuit Board* atau PCB). Pendekatan ini dipilih agar proses pengembangan, perubahan rangkaian, serta pengujian berbagai konfigurasi perangkat selama tahap *prototyping* dapat dilakukan dengan lebih mudah. Oleh sebab itu, apabila sistem ini akan diterapkan pada gerbang rumah dengan ukuran sebenarnya, diperlukan pengembangan lanjutan, khususnya pada desain mekanik, penggunaan sistem penggerak yang lebih kuat, serta pemanfaatan rangkaian elektronik yang lebih stabil dan mampu bertahan terhadap lingkungan luar.

Hasil Pengujian Mode Manual

Pengujian mode manual dilakukan untuk memastikan sistem dapat merespons perintah Telegram secara langsung tanpa melibatkan logika otomatis maupun sensor ultrasonik. Pada pengujian ini, pengguna mengirimkan perintah melalui Telegram untuk mengendalikan servo dan motor DC secara terpisah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pengujian mode manual

No	Perintah Telegram	Fungsi yang Diuji	Hasil
1.	/open	Membuka kunci gerbang (servo 150°)	Berhasil
2.	/close	Menutup kunci gerbang (servo 0°)	Berhasil
3.	/gateopen	Membuka gerbang dengan motor DC	Berhasil
4.	/gateclose	Menutup gerbang dengan motor DC	Berhasil
5.	/stopmotor	Menghentikan motor DC saat berjalan	Berhasil

Hasil pengujian pada tabel 1 menunjukkan bahwa perintah /open dan /close maupun menggerakkan servo motor untuk membuka dan menutup mekanisme kunci gerbang pada sudut 150 derajat sesuai dengan perancangan. Selain itu, perintah /gateopen dan /gateclose berhasil menggerakkan motor DC untuk membuka dan menutup gerbang selama kondisi kunci telah terbuka. Pada mode ini, sensor ultrasonik tidak diaktifkan sebagai pendeteksi halangan, sehingga sistem sepenuhnya mengikuti perintah pengguna.

Perintah /stopmotor juga diuji untuk memastikan kemampuan sistem dalam menghentikan motor DC ketika proses buka atau tutup gerbang sedang berlangsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor dapat dihentikan secara langsung sesuai perintah, sehingga mode manual dinyatakan berfungsi dengan baik.

Hasil Pengujian Mode Otomatis

Pengujian mode otomatis dilakukan dengan menggunakan perintah /starmotor melalui Telegram. Pada mode ini, sistem menjalankan seluruh rangkaian kerja secara otomatis tanpa intervensi pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan urutan kerja sesuai perancangan, yaitu servo membuka kunci gerbang, motor DC membuka gerbang, sistem menunggu selama 3 detik, kemudian motor DC menutup gerbang, dan servo kembali mengunci gerbang setelah penutupan selesai.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengujian mode otomatis

No	Tahapan Proses Otomatis	Hasil
1.	Servo membuka kunci gerbang	Berhasil
2.	Gerbang membuka otomatis	Berhasil
3.	Waktu tunggu 3 detik	Berhasil
4.	Gerbang menutup otomatis	Berhasil
5.	Servo mengunci kembali	Berhasil

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh tahapan berjalan dengan lancar dan berurutan, menandakan bahwa logika pengendalian otomatis pada ESP32 bekerja sesuai dengan desain sistem.

Hasil Pengujian Mekanisme Keselamatan (Sensor Ultrasonik)

Pengujian mekanisme keselamatan dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi halangan pada jalur gerbang selama proses penutupan otomatis. Pengujian difokuskan pada kondisi ketika gerbang belum menyelesaikan

proses penutupan sepenuhnya, sehingga sistem diharapkan mampu merespons halangan dengan menghentikan penutupan dan mengembalikan gerbang ke posisi aman.

Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan halangan pada beberapa jarak berbeda serta pada waktu penutupan yang berbeda-beda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selama proses penutupan belum selesai, sistem mampu mendeteksi halangan pada berbagai jarak dan secara konsisten menjalankan mekanisme keselamatan. Ketika halangan terdeteksi, motor DC segera dihentikan, LED indikator menyala, dan gerbang dibuka kembali hingga posisi terbuka penuh. Setelah halangan tidak terdeteksi, sistem menunggu selama 3 detik sebelum mencoba menutup kembali gerbang yang dalam kondisi terbuka.

Tabel 3. Hasil Pengujian Mekanisme Keselamatan Sensor Ultrasonik

No	Jarak Halangan	Waktu Penutupan Saat Deteksi	Kondisi Gerbang	Respons Sistem	Hasil
1.	26 cm	890 ms dari 900 ms	Hampir tertutup	Motor berhenti, LED menyala, gerbang membuka penuh	Berhasil
2.	20 cm	600 ms dari 900 ms	Setengah tertutup	Motor berhenti, LED menyala, gerbang membuka penuh	Berhasil
3.	15 cm	300 ms dari 900 ms	Baru mulai menutup	Motor berhenti, LED menyala, gerbang membuka penuh	Berhasil
4.	< 30 cm (tetap)	Setelah rollback	Gerbang terbuka	Gerbang tetap terbuka, tidak menutup ulang	Berhasil
5.	Halangan hilang	-	Gerbang terbuka	Tunggu 3 detik, gerbang menutup kembali	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, sistem menunjukkan perilaku yang konsisten dan aman tanpa bergantung pada jarak tertentu secara kaku, melainkan merespon setiap kondisi selama proses penutupan belum selesai. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme sistem tidak memaksakan penutupan gerbang selama masih terdapat potensi bahaya.

Variasi waktu penutupan yang ditampilkan pada Tabel 3 bukan menunjukkan perbedaan waktu respon terhadap deteksi objek, melainkan digunakan sebagai skenario pengujian pada beberapa tahap pergerakan gerbang. Pengujian dilakukan ketika gerbang baru mulai tertutup (sekitar 300 ms), pada posisi setengah tertutup (sekitar 600 ms), serta ketika gerbang hampir mencapai posisi tertutup (sekitar 890 ms dari total waktu penutupan kurang lebih 900 ms). Tujuan pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa mekanisme keselamatan berbasis sensor ultrasonik tetap mampu bekerja secara konsisten pada seluruh fase pergerakan gerbang. Sebagaimana dijelaskan pada bagian metodologi, sensor ultrasonik pada sistem ini dikonfigurasi dengan nilai ambang deteksi sekitar 30 cm. Oleh karena itu, pengujian dilakukan dengan menempatkan objek pada beberapa variasi jarak di bawah ambang batas tersebut, yaitu sekitar 26 cm, 20 cm, dan 15 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada setiap kondisi tersebut sistem mampu mendeteksi keberadaan objek dan segera menghentikan pergerakan motor dan menjalankan mekanisme *auto-reverse* sehingga gerbang kembali membuka hingga ke posisi aman. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu mendeteksi halangan pada awal proses penutupan, tetapi juga tetap responsif bahkan ketika gerbang hampir tertutup sepenuhnya. Dengan demikian, mekanisme keselamatan yang diterapkan mampu mencegah potensi penjepitan objek atau pengguna selama proses operasi gerbang otomatis.

Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, sistem *Smart Gate Guardian* mampu memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan sistem gerbang otomatis berbasis IoT yang dapat dikendalikan melalui Telegram serta dilengkapi mekanisme keselamatan aktif. Mode manual memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengendalikan gerbang dan kunci secara langsung, sedangkan mode otomatis memungkinkan sistem menjalankan seluruh proses buka dan tutup gerbang secara mandiri.

Penggunaan sensor ultrasonik terbukti efektif dalam mencegah terjadinya penjepitan, karena sistem mampu mendeteksi halangan pada berbagai kondisi selama proses penutupan dan secara otomatis membuka kembali gerbang. Mekanisme penundaan dan percobaan penutupan ulang juga meningkatkan keamanan operasional sistem.

Meskipun demikian pengujian masih dilakukan pada prototipe miniatur sehingga diperlukan pengembangan dan pengujian lanjutan pada skala gerbang sebenarnya untuk mengetahui performa sistem dalam kondisi lingkungan nyata, seperti beban mekanis yang lebih besar dan variasi kondisi cuaca.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa sistem Smart Gate Guardian berhasil direalisasikan dalam bentuk prototipe miniatur sebagai model sistem gerbang otomatis berbasis Internet of Things (IoT) dengan ESP32 sebagai pengendali utama dan Telegram sebagai media kontrol jarak jauh. Sistem mampu beroperasi dengan baik pada mode manual dan mode otomatis, di mana mode manual memungkinkan pengendalian servo, motor DC, serta penghentian motor secara langsung tanpa melibatkan sensor ultrasonik, sedangkan mode otomatis mampu menjalankan seluruh rangkaian kerja buka dan tutup gerbang secara mandiri. Mekanisme keselamatan berbasis sensor ultrasonik yang dikonfigurasi dengan ambang deteksi sekitar 30 cm terbukti mampu mendeteksi keberadaan objek pada jarak pengujian antara 15 cm hingga 26 cm selama proses penutupan gerbang. Ketika objek terdeteksi pada jarak tersebut, sistem secara otomatis menghentikan pergerakan motor dan menjalankan mekanisme *auto-reverse* sehingga gerbang kembali membuka hingga posisi aman. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan keamanan dan keandalan pengoperasian gerbang rumah pada skala prototipe miniatur.

Saran

Meskipun sistem *Smart Gate Guardian* telah berfungsi dengan baik pada tahap pengujian prototipe miniatur, pengembangan telah lebih lanjut masih diperlukan. Implementasi dan pengujian pada gerbang berskala nyata disarankan untuk mengetahui kinerja sistem terhadap beban mekanis yang lebih besar serta kondisi lingkungan yang beragam. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur keamanan tambahan seperti autentikasi pengguna yang lebih kompleks, integrasi kamera pemantau, serta pengiriman notifikasi status gerbang secara otomatis. Optimalisasi konsumsi daya dan peningkatan kestabilan konsumsi daya dan peningkatan kestabilan koneksi jaringan juga disarankan agar sistem lebih andal dan siap digunakan dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. A. Ayutantri, J. Dedy Irawan, and S. A. Wibowo, "PENERAPAN IoT (Internet of Things) DALAM PEMBUATAN TEMPAT SAMPAH PINTAR UNTUK RUMAH KOS," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 5, no. 1, 2021, doi: 10.36040/jati.v5i1.3263.
- [2] H. Jusuf, Moch. L. Ichsan Ma'ruf, and I. Kusuma, "Perancangan Prototype Tempat Sampah Pintar berbasis Internet of Things," *JUTISI: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 3, pp. 817–818, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v11i3.1017>.
- [3] M. Malik, "Analisis Sistem Pemantauan Pemisah Sampah Logam dan Non Logam berbasis Internet of Things," *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 7, no. 1, pp. 63–71, 2023.
- [4] A. Maulida, C. S. Fayzalmi, F. Ata, C. Anaam, and D. Ardiansyah, "Design of IoT-Based Smart Trash Bin Monitoring Using ESP32 And Firebase," *Jurnal Komputer Teknologi Informasi Sistem Informasi (JUKTISI)*, vol. 4, no. 2, pp. 420–428, 2025.
- [5] E. Aprilianto, D. F. Nugroho, W. Kurniawan, R. I. Putra, and M. Yusuf, "Optimalisasi Sistem Dompot Kurban Terintegrasi Peternakan Modern Berbasis AI-IoT dengan Teknologi YOLO," *JURNAL FASILKOM*, vol. 14, no. 3, pp. 688–694, 2024.
- [6] H. O. and S. N., "Rancang bangun sistem pengendali purwarupa pintu gerbang otomatis berbasis mikrokontroler ATmega328P," in *Proc. Diseminasi FTI Genap 2021/2022*, 2022.
- [7] M. Takdir, A. R. Ramli, and S. Agustina, "PINTU GERBANG OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3," *Jurnal Elektronik Sistem Informasi dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 7–10, 2022.
- [8] A. P. Zanofa, R. Arrahman, M. Bakri, and A. Budiman, "PINTU GERBANG OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO R3," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 1, no. 1, pp. 22–27, 2020.
- [9] D. Oklandri and Syarifuddin, "CONTROL SYSTEM DESIGN USING AUTOMATIC GATES ON ARDUINO RFID," *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 340–345, 2021, doi: [doi: 10.33379/gtech.v4i2.643](https://doi.org/10.33379/gtech.v4i2.643).

- [10] L. A. Hafizh, S. Sumaryo, and M. A. Murti, "Perancangan Website dan Aplikasi Mobile Untuk Kontrol Jarak Jauh Pada Sistem Smart Gate Perumahan," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. IX, no. 4, pp. 10954–10960, 2024.
- [11] Nuqsyahbandi *et al.*, "Desain Sistem Kontrol Jarak Jauh Pintu Pagar Melalui Internet of Things," *SUDO Jurnal Teknik Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2024.
- [12] S. Adinata, K. B. Utomo, T. Informasi, P. N. Samarinda, and T. Informasi, "RANCANG BANGUN MONITORING PAGAR OTOMATIS BERBASIS," *JIP (Jurnal Informatika Polinema) ISSN:*, vol. 11, no. 1, pp. 83–90, 2021.
- [13] W. Istiana, "Implementation of Ultrasonic Sensors in Smart Trash Boxes," *The 4th International Conference on Information Technology and Security (IC-ITECHS)*, vol. 4, no. 1, pp. 102–106, 2023.
- [14] Y. Panchal, B. Sangtani, A. Umargekar, S. Hanumante, and N. Mehendale, "Smart Dustbin : Arduino Controlled Servo Motor and Ultrasonic Sensor," *SSRN*, pp. 1–4, 2023.
- [15] K. A. Verryando, R. J. Iskandar, A. Yulius, and A. Putra, "IMPLEMENTASI SENSOR ULTRASONIK PADA TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS IOT," *Jurnal InTekSis*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2024.
- [16] S. Damayanti and Z. M. Noer, "Smart Dustbin Based on Internet of Things (IoT) Information System Using Telegram Smart Dustbin Berbasis Internet of Things (IoT) Sistem Informasi Menggunakan Telegram," *Institut Riset dan Publikasi Indonesia (IRPI) MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 1, pp. 451–462, 2025.
- [17] W. Raditya, A. Surahman, A. Budiawan, and F. Amanda, "PENERAPAN SISTEM KEAMANAN GERBANG RUMAH BERBASIS TELEGRAM MENGGUNAKAN ESP8266," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 3, no. 2, pp. 93–103, 2022.
- [18] M. Elhussein, F. Almuhaideb, Abdullah, Alholyal, R. Osman, and S. Elfaki, "Efficient Entry: A Stateful Authentication Approach in Health-Aware Smart Gate Systems," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 70634 – 70645, 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3398569>.
- [19] A. I. A. Mashudi and A. Prihanto, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Metode Two-Factor Authentication," *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, vol. 06, no. 03, pp. 630–638, 2024.