

SISTEM GERBANG OTOMATIS BERBASIS PENGENALAN SUARA DAN PLAT NOMOR KENDARAAN

Ariya Panna, Astria Febrian Anggraini, Nadya Rudie Sucipto, Theresia Herlina Rochadiani

Informatika, Universitas Pradita

Scientia Business Park, Jl. Gading Serpong Boulevard No.1 Tower 1,
Curug Sangereng, Kec. Klp. Dua, Kabupaten Tangerang, Banten 15810, Indonesia
ariya.panna@student.pradita.ac.id

ABSTRAK

Pagar merupakan elemen penting yang digunakan untuk membatasi suatu wilayah dari akses yang tidak diinginkan. Pengendalian pagar pada umumnya masih dilakukan secara konvensional, sehingga memerlukan waktu dan tenaga yang menjadikannya tidak efisien, terutama pada saat kondisi cuaca buruk. Berdasarkan permasalahan tersebut, banyak studi yang berusaha untuk mengembangkan sistem pagar otomatis. Namun sebagian besar masih berfokus pada model pagar palang parkir dan belum menerapkan mekanisme *event-trigger* serta autentikasi ganda. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pagar otomatis berbasis sliding gate yang lebih efisien dan *reliable* dengan menerapkan dua metode autentikasi serta mekanisme *event-trigger*. Sistem dibangun dengan Raspberry Pi sebagai pengendali utama, sensor ultrasonik untuk deteksi kendaraan, webcam untuk pengambilan gambar, serta model YAMNet berbasis TensorFlow Lite untuk mendeteksi suara klakson sebagai pemicu sistem. Proses autentikasi dilakukan melalui layanan Automatic License Plate Recognition (ALPR) dari Plate Recognizer, dengan opsi cadangan berupa aplikasi web yang juga menampilkan log akses kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi klakson dua kali, mengenali plat kendaraan secara real-time, dan menggerakkan motor DC untuk membuka serta menutup pagar secara otomatis. Sistem terbukti meningkatkan efisiensi dan keamanan kontrol akses pada model sliding gate.

Kata kunci : Sistem Gerbang Otomatis, Internet of Things, Pengenalan Plat Nomor Otomatis, Pengenalan Suara Klakson, Raspberry Pi

1. PENDAHULUAN

Pagar merupakan elmen penting yang digunakan untuk membatasi suatu wilayah dengan cara mengelilingi atau menyekat wilayah tersebut [1]. Menurut Prihanto dan Prapanca dalam penelitiannya yang berjudul “Smart Automatic Sliding Gate Dengan Memanfaatkan Teknologi Berbasis Internet of Things (IoT)”, menjelaskan bahwa fungsi pagar adalah membatasi hak akses untuk keluar masuk sebuah properti dengan tujuan untuk meningkatkan keamanan. Pada penelitian tersebut juga dijelaskan bahwa banyak variasi model pagar yang tersedia, contohnya open swing, sliding, vertical lift, Cantilever, Folding, Barrier, dan lain lain. Namun proses membuka dan menutup pagar membutuhkan energi dan waktu tersendiri, dan selama ini masih dilakukan secara manual [2]. Pengendalian pagar yang masih manual pada saat kondisi cuaca yang buruk membuat pengendalian menjadi tidak efektif dan efisien [3] [4]. Berdasarkan permasalahan tersebut, telah banyak dilakukan pengembangan sistem pagar otomatis yang sering dijumpai di parkir mall atau kampus. Sistem pagar otomatis tersebut biasanya memanfaatkan mikrokontroler seperti ESP32 atau NodeMCU untuk mengontrol sensor dan actuator berdasarkan logika bisnis yang telah ditentukan. Selain itu, beberapa penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan seperti pengenalan plat nomor, deteksi wajah, dan identifikasi merek kendaraan, contohnya penelitian yang dilakukan oleh Saoudouli et al [5].

Namun, berdasarkan sistem pagar otomatis yang telah banyak dikembangkan, Sebagian besar sistem dirancang untuk model pagar seperti palang parkir sehingga tidak relevan untuk diimplementasikan di area rumah atau pabrik yang menggunakan model *sliding*. Sistem yang dibangun sebelumnya juga tidak dirancang menggunakan mekanisme *event-trigger*, tetapi berjalan secara kontinu sepanjang waktu (*continuous running system*). Mekanisme *continuous running system* memiliki kelemahan yakni kurang efisien dalam penggunaan sumber daya. Permasalahan lain yang ditemukan pada sistem sebelumnya adalah keterbatasan akses tunggal yang mengakibatkan tidak adanya mekanisme cadangan apabila metode utama mengalami kegagalan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pagar otomatis berbasis *sliding gate* dengan dua fokus utama, yakni penyelesaian masalah akses tunggal terhadap sistem yang pernah dibuat pada studi sebelumnya dengan menerapkan metode autentikasi utama berupa pengenalan plat kendaraan, serta autentikasi cadangan menggunakan aplikasi berbasis web. Fokus kedua adalah meningkatkan efisiensi kinerja sistem dengan menerapkan mekanisme *event-trigger* yang hanya mengaktifkan sistem Ketika terdapat kendaraan di depan pagar.

Agar tujuan penelitian bisa tercapai, sistem akan dibangun dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai pengendali utama dan didukung oleh *smart-things* seperti sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan kendaraan berdasarkan jarak, serta *webcam* untuk

menangkap gambar kendaraan dan bunyi klaksonnya yang menjadi pemicu sistem untuk sistem memproses autentikasi. Setelah klakson berhasil dideteksi oleh sistem, kamera akan menangkap gambar kendaraan dan dilakukan proses autentikasi dengan mengirimkan gambar kendaraan yang ditangkap ke platform penyedia teknologi ALPR bernama Plate Recognizer. Jika proses autentikasi berhasil, selanjutnya gerbang akan terbuka secara otomatis. Sebaliknya apabila gagal, sistem akan memberikan umpan balik berupa suara yang dihasilkan oleh buzzer. Namun, jika platform sedang Plate Recognizer sedang mengalami gangguan, pengguna tetap dapat membuka atau menutup gerbang melalui aplikasi berbasis web. Aplikasi web nantinya juga berfungsi sebagai sistem manajemen data, mencatat log akses berisi informasi plat kendaraan, *confidence level* saat pembacaan plat, waktu akses, dan status izin masuk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Telah banyak studi terdahulu yang membuat sistem pagar otomatis menggunakan berbagai macam metode akses, diantaranya Rancang Bangun Pagar Otomatis dengan *Finger print* Berbasis Mikrokontroler yang dilakukan oleh Usman et al, Perancangan Sistem Pintu Pagar Otomatis Menggunakan Remote Kontrol *Wireless Rf* 315 oleh Hanafie et al, Rancang Bangun Sistem Kontrol Arduino Pada Gerbang Otomatis Menggunakan RFID, Innovative IoT-Based Automatic Gate System with RFID and Electro-Magnetic Lock for Secure Access, Design and Development of An Automatic Door Gate Based on Internet of Things Using Arduino Uno Internet of Things IoT Arduino Automatic Door Gate Bluetooth, Rancang Bangun Sistem Kendali Pintu Pagar Otomatis Berbasis Pengolahan Citra Digital Pelat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode *Optical Character Recognition* (OCR) oleh Alam et al [6] [4] [7] [8] [9] [10]. Namun berdasarkan studi-studi terdahulu, rata-rata akses yang disediakan hanya menggunakan 1 jenis metode, sehingga apabila ada permasalahan teknis yang berkaitan dengan metode untuk akses, pagar harus dibuka secara manual. Adapun penelitian yang memberikan alternatif metode seperti Kemudian, memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan membutuhkan sumber daya yang sangat besar, sehingga diperlukannya efisiensi dalam penggunaannya, yakni dengan penambahan fitur *event-trigger* yang memungkinkan teknologi sistem melakukan pengenalan suara klakson dan plat nomor apabila sebuah kejadian yang menjadi logika bisnisnya terpenuhi.

2.1. Internet of Things

Internet of Things atau yang sering disebut IoT merupakan konsep dimana sekumpulan perangkat yang saling terhubung dapat menghasilkan dan bertukar data berdasarkan hasil observasi menggunakan sensor [11]. Karakteristik IoT meliputi interkoneksi dan komunikasi, pengumpulan dan

analisis data, keterlibatan pengguna, dan kecerdasan buatan yang membuatnya dapat belajar dari data [12]. IoT terdiri dari 4 komponen utama, yakni *sensors*, *connectivity*, *data processing*, dan *user interface* [13].

2.2. Automatic License Plate Recognition

Automatic License Plate Recognition (ALPR) adalah kemampuan komputer dalam memproses gambar plat kendaraan untuk mengenali identitas kendaraan tersebut [14]. Teknologi ALPR berperan penting dalam hal efektivitas dan efisiensi, yakni untuk sistem akses kontrol perumahan, pembayaran parkir, pengawasan kendaraan di lalu lintas, dan lain-lain tidak memerlukan sumber daya manusia yang banyak untuk terlibat di dalam prosesnya [15].

2.3. Sound Recognition

Sound Recognition merupakan kemampuan komputer untuk dapat mengenali dan mengklasifikasikan suara berdasarkan sinyal suara atau rekaman audio yang ditangkap [16].

3. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Metode Pelaksanaan

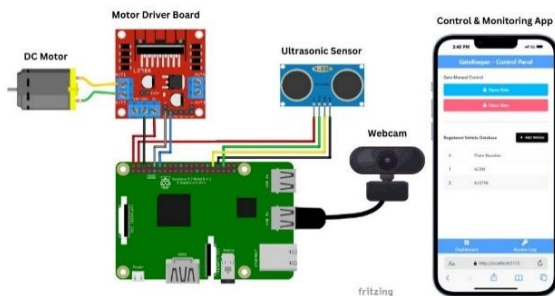
Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dimana pengembang melakukan eksperimen dimana pengembang melakukan eksperimen menggunakan pre-trained model YAMnet yang ditanam di dalam Raspberry Pi untuk pengenalan suara klakson. Lalu platform ALPR yang disediakan oleh Plate Recognizer ditambahkan sebagai aplikasi pihak ketiga yang memanfaatkan teknologi AI sehingga memungkinkan pengenalan plat nomor dan karakteristik kendaraan secara real-time. Kedua teknologi tersebut akan dikombinasikan di dalam Raspberry Pi sehingga menghasilkan sebuah sistem yang dilengkapi dengan webcam, sensor ultrasonik, dan motor DC. Pengontrolan pagar secara manual, manajemen plat kendaraan, dan log akses pagar dapat dipantau menggunakan aplikasi berbasis web yang dibangun dengan pustaka Javascript yakni ReactJS. Metode pelaksanaan dapat dilihat melalui visualisasi Gambar 2, dimulai dari studi literatur, desain arsitektur dan sistem, pengumpulan alat dan bahan, pengembangan, dan pengujian.

3.1. Studi Literatur

Studi literatur menurut Rasyid adalah proses pengumpulan informasi dan temuan pada riset-riset sebelumnya yang berkaitan dengan pengembangan produk yang direncanakan [17]. Pada penelitian ini, studi literatur dilakukan dengan tujuan mencari informasi mengenai *existing* sistem yang relevan untuk dilakukan analisa terhadap cara kerjanya. Kemudian pada tahap ini juga dilakukan analisa untuk

mengetahui kekurangan dan kelebihan sistem supaya menghasilkan sistem baru yang dapat mengatasi kekurangan dari sistem yang sudah ada.

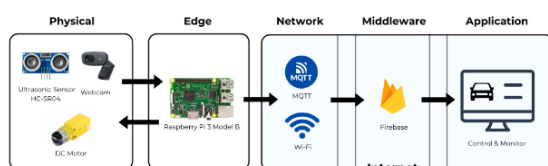
3.2. Desain Arsitektur dan Sistem



Gambar 2. Diagram Sistem

Perangkat pagar yang dapat membuka dan menutup secara otomatis dirancang menggunakan beberapa komponen utama yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu komponen yang ditempatkan bersama konstruksi pagar dan komponen yang berada diluar pagar seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Komponen yang terpasang pada pagar meliputi Raspberry Pi sebagai pengendali utama, webcam sebagai input audio dan video, sensor ultrasonik untuk mengukur jarak, driver motor, serta DC motor. Sedangkan komponen yang tidak berada pada pagar adalah smartphone melalui aplikasi mobile sebagai pengendali manual oleh pengguna.

Raspberry Pi berfungsi sebagai sentral pengolahan data yang menerima input dari webcam, sensor ultrasonik, serta perintah dari aplikasi mobile. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi jarak dengan objek untuk mengaktifkan kamera webcam. Begitu objek berada dalam rentang jarak yang ditentukan, webcam akan diaktifkan untuk mendeteksi plat nomor menggunakan ALPR. Setelah data plat nomor dianalisis, Raspberry Pi mengirimkan sinyal ke driver motor untuk mengendalikan DC motor yang akan menggerakkan pagar secara otomatis. Pengguna juga dapat mengakses sistem ini melalui aplikasi mobile, yang terhubung ke Raspberry Pi melalui jaringan Wi-Fi, memungkinkan kontrol pagar secara jarak jauh. Integrasi ini memungkinkan sistem bekerja secara otomatis maupun manual, memberikan fleksibilitas dan keamanan yang lebih tinggi dalam pengoperasian pagar.



Gambar 3. Arsitektur IoT

Pendekatan sistematis diperlukan untuk mengintegrasikan berbagai komponen dalam sistem

otomatisasi. Arsitektur berlapis diterapkan guna memahami jenis ancaman serta serangan yang mungkin terjadi serta memastikan keamanan jaringan tetap aman [18]. Sistem ini dirancang dengan pendekatan 5 layer architecture yaitu *Physical Layer*, *Edge Layer*, *Network Layer*, *Middleware Layer*, dan *Application Layer* seperti yang ada pada gambar 11. Pada *Physical Layer*, terdapat perangkat keras seperti sensor ultrasonik, webcam, dan DC motor yang berfungsi dalam sebagai sensing device atau antarmuka langsung dengan lingkungan fisik. Data dari perangkat ini diteruskan ke *Edge Layer*, yang dalam sistem ini pengujian menggunakan Raspberry Pi. Raspberry Pi melakukan pemrosesan awal seperti pengenalan objek dan pengukuran jarak, sekaligus menentukan aksi yang harus dilakukan. Data yang relevan kemudian dikirim melalui *Network Layer*, menggunakan koneksi Wi-Fi. Selanjutnya, pada *Middleware Layer*, sistem mengelola komunikasi antara perangkat menggunakan Firebase, serta memastikan interoperabilitas dan keamanan data. Terakhir, *Application Layer* terdiri dari antarmuka pengguna berupa aplikasi mobile, yang memungkinkan pengguna memantau status pagar dan memberikan perintah secara manual.

3.3. Pengumpulan Alat dan Bahan

Tahapan pengumpulan alat dan bahan dilakukan setelah desain arsitektur dan sistem agar alat dan bahan sudah diidentifikasi sehingga membuat efisiensi biaya dan waktu. Alat dan bahan yang diperlukan yakni, Raspberry Pi, sensor ultrasonik HC-SR04, webcam Logitech HD C270, DC motor, L298N driver, LED, buzzer, resistor, dan breadboard.

3.4. Pengembangan

Tabel 1. Pustaka yang digunakan untuk pengembangan sistem IoT beserta fungsinya

Nama Pustaka	Fungsi
RPI.GPIO	Mengontrol GPIO pin yang terdapat di Raspberry Pi
sounddevice	Merekam dan memutar audio dengan Python
NumPy	Operasi numerik dan array multidimensi
tf.lite-runtime	Menjalankan model <i>TensorFlow Lite</i>
Firestore Admin SDK	Komunikasi dengan layanan Firebase seperti Firestore dan Cloud Messaging
OpenCV	Pemrosesan gambar dan video
requests	Mengirim HTTP request
csv os time	Manajemen file dan waktu

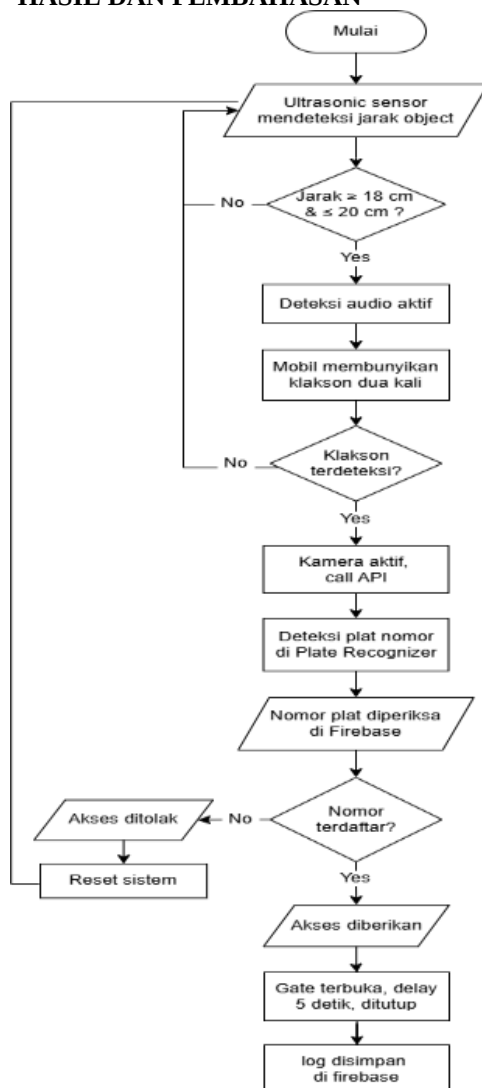
Tahap pengembangan adalah tahap pengimplementasian hasil desain dan arsitektur yang telah dibuat. Pengembangan dilakukan menggunakan Visual Studio Code sebagai text editor. Pengembangan

dimulai dengan membuat program untuk sistem IoT menggunakan bahasa pemrograman Python. Beberapa pustaka yang digunakan untuk pembangunan sistem IoT beserta fungsinya dapat dilihat pada tabel 2. Lalu setelahnya dilanjutkan dengan pengembangan aplikasi web. Pustaka yang digunakan adalah React JS, yakni pustaka Javascript yang banyak digunakan untuk pembangunan aplikasi berbasis web karena mudah untuk dipelajari, reusable component, serta dukungan dari komunitasnya yang besar. Untuk efisiensi waktu pengembangan, pembuatan komponen untuk aplikasi webnya tidak dibuat secara manual melainkan menggunakan salah satu plugin untuk Tailwind CSS yaitu daisyUI.

3.5. Pengujian

Setelah sistem berhasil dibangun, pengujian terhadap fungsionalitas sistem diuji berdasarkan test case yang telah disiapkan. Selain pengujian terhadap fungsionalitas, tahapan ini bertujuan untuk mengetahui batasan kemampuan yang dimiliki sistem untuk dijadikan bahan evaluasi penelitian.

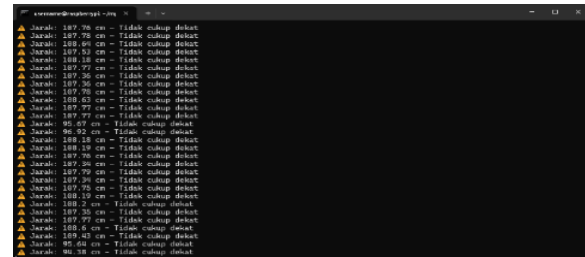
4. HASIL DAN PEMBAHASAN



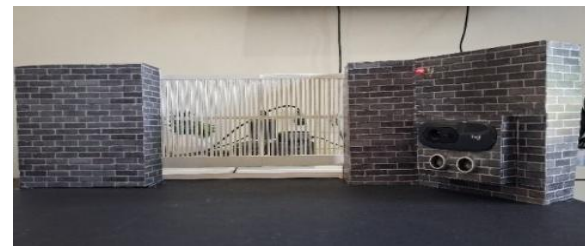
Gambar 4. Flowchart sistem

Dalam pengujian ini, dilakukan demonstrasi melalui sebuah prototipe miniatur gerbang otomatis yang mensimulasikan skenario nyata akses kendaraan. Kendaraan model didorong melewati area sensor, dilanjutkan dengan simulasi bunyi klakson sebanyak dua kali, kemudian proses autentikasi plat nomor dilakukan sebelum gerbang terbuka. Seluruh sistem juga telah terintegrasi dengan aplikasi. Hasil demonstrasi ini berfungsi sebagai *proof of concept* bahwa sistem gerbang otomatis yang dirancang berfungsi dengan baik dan sesuai dengan skenario yang direncanakan pada flowchart sistem sebagai berikut:

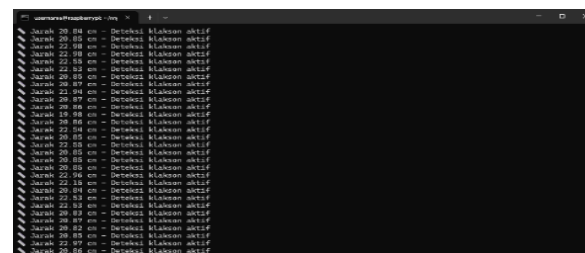
4.1 Jarak Ultrasonik



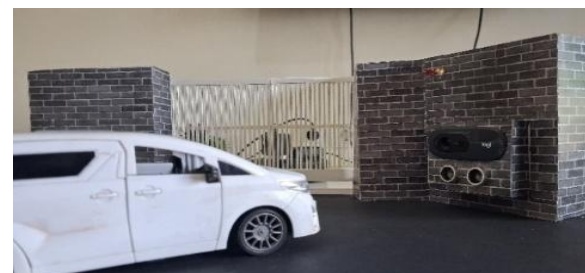
Gambar 5. Terminal remote raspberry pi saat kendaraan diluar jangkauan



Gambar 6. Terminal remote raspberry pi saat kendaraan diluar jangkauan



Gambar 7. Terminal remote raspberry pi saat kendaraan diluar jangkauan



Gambar 1. LED pada prototipe saat kendaraan di dalam jangkauan

Raspberry Pi mengirimkan sinyal TRIG ke sensor ultrasonik HC-SR04 dan menunggu pantulan sinyal ECHO. Durasi sinyal HIGH pada pin ECHO diukur dan dikonversikan menjadi jarak (dalam satuan sentimeter) dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Jarak (cm)} = \frac{\text{durasi}(\mu\text{s}) \times 0,0343}{2}$$

Apabila hasil pengukuran berada dalam rentang 16 cm hingga 22 cm, maka sistem akan menyalakan indikator visual berupa LED kuning dan beralih ke proses perekaman audio. Hal ini menandakan bahwa kendaraan telah terdeteksi dalam jarak dekat dan sistem siap menjalankan proses selanjutnya. Tampilan sistem saat kendaraan berada di luar dan di dalam jangkauan sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 14 hingga 17.

4.2 Deteksi Klakson Kendaraan

Setelah kendaraan terdeteksi berada dalam jangkauan yang ditentukan, webcam diaktifkan untuk merekam audio. Data audio kemudian diklasifikasikan menggunakan model YAMNet yang telah dikonversi ke format TensorFlow Lite, agar dapat berjalan secara efisien pada Raspberry Pi. Target klasifikasi adalah indeks 302 dengan label “Vehicle horn, car horn, honking”.

Apabila sistem berhasil mendeteksi suara klakson sebanyak dua kali dalam jendela waktu 5 detik, maka proses akan dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika tidak, sistem akan tetap aktif dan terus mengklasifikasikan audio hingga kondisi tersebut terpenuhi.

4.3 Pengambilan Gambar dan Verifikasi Plat Nomor (ALPR)



A23M 99.50%

Gambar 9. Hasil jika plat dapat tertangkap dengan baik



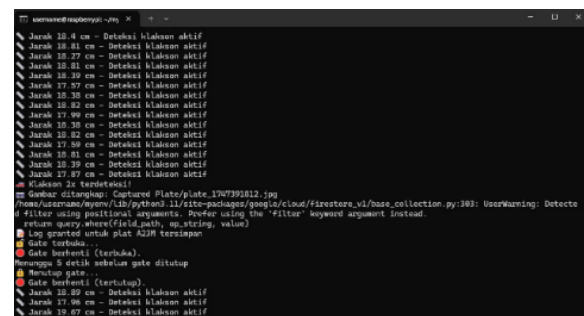
Gambar 2. Hasil jika plat tidak dapat tertangkap dengan baik

Setelah suara klakson tervalidasi, Raspberry Pi akan memicu pengambilan gambar melalui webcam. Gambar yang diambil kemudian dikirim melalui protokol HTTPS ke layanan PlateRecognizer API. API akan mengembalikan nomor plat beserta tingkat keyakinannya (*confidence score*), yang selanjutnya

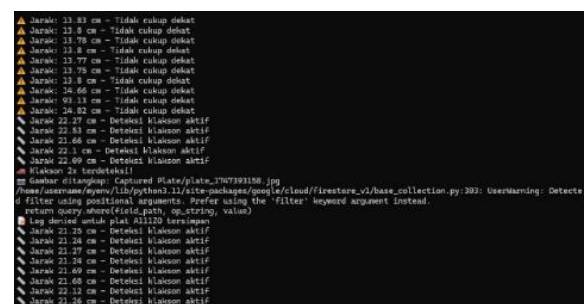
dibandingkan dengan daftar plat nomor yang tersimpan di basis data Firestore untuk proses autentikasi.

Keberhasilan proses ini sangat bergantung pada posisi kendaraan serta tinggi kamera agar plat nomor dapat terbaca dengan jelas. gambar 18 dan 19 menunjukkan perbedaan hasil saat plat nomor berhasil atau gagal terdeteksi dengan baik oleh sistem ALPR.

4.4 Pengendalian Gerbang Otomatis



Gambar 11. Terminal remote raspberry pi saat terdeteksi plate yang valid



Gambar 12. Terminal remote raspberry pi saat terdeteksi plate yang tidak valid

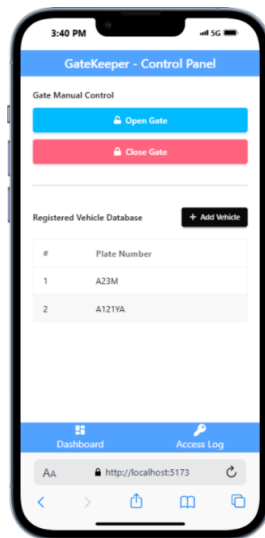
Jika autentikasi plat nomor dinyatakan valid, Raspberry Pi mengirimkan sinyal *HIGH/LOW* ke modul driver L298N, yang kemudian menggerakkan motor DC untuk membuka palang gerbang selama 1,85 detik, menahan posisi terbuka selama 5 detik, dan menutup kembali dengan durasi yang sama. Proses ini juga dicatat dan ditampilkan pada terminal Raspberry Pi sebagai log sistem (gambar 20).

Sebaliknya, jika hasil autentikasi menunjukkan bahwa plat nomor tidak valid, maka buzzer akan berbunyi dua kali sebagai indikator penolakan akses, dan sistem akan kembali ke mode siaga (*standby*). Log kejadian ini juga akan ditampilkan pada terminal, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 21.

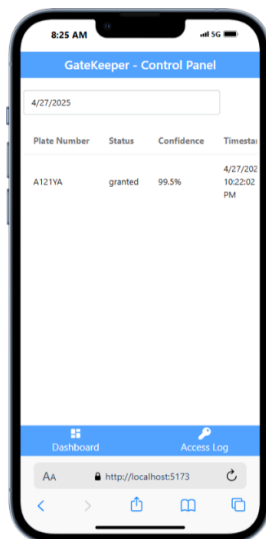
4.5 Integrasi dengan Aplikasi

Sistem ini dilengkapi dengan dua fitur utama pada aplikasi web, yaitu Dashboard dan Access Log. Pada halaman Dashboard pengguna diberikan kontrol penuh terhadap sistem, termasuk kemampuan untuk membuka dan menutup pagar secara instan. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengoperasikan gerbang tanpa perlu melalui proses autentikasi terlebih

dahulu. Selain itu, halaman ini juga menyediakan fungsi manajemen data kendaraan, seperti melihat daftar plat nomor yang telah terdaftar, menambahkan plat baru, serta menghapus plat yang tidak diperlukan.

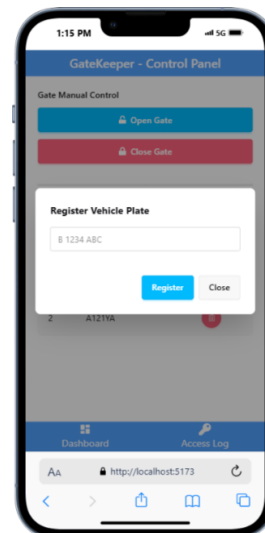


Gambar 3. Halaman dashboard aplikasi



Gambar 14. Halaman access log aplikasi

Sementara itu, halaman *Access Log* (gambar 23) berfungsi untuk mencatat seluruh aktivitas akses yang terjadi secara kronologis. Setiap entri log mencakup informasi berupa nomor plat kendaraan yang terdeteksi, status autentikasi dengan nilai “granted” jika akses berhasil diberikan, atau “denied” jika akses ditolak. Selain itu, dicantumkan juga tingkat keyakinan (confidence level) dari hasil deteksi untuk keperluan debugging, serta informasi waktu (timestamp) berupa tanggal dan jam saat percobaan akses dilakukan. Dengan adanya fitur ini, pengguna dapat memantau riwayat akses secara menyeluruh dan mengevaluasi performa sistem dalam mendeteksi serta mengelola kendaraan yang masuk.



Gambar 15. Fitur add vehicle plate

Adapun fitur penambahan plat kendaraan (gambar 24) memudahkan pengguna dalam melakukan input data kendaraan baru secara langsung melalui antarmuka aplikasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil demonstrasi pada prototipe miniatur, sistem gerbang otomatis terbukti memiliki tingkat keandalan sebesar 100 persen dalam mengeksekusi seluruh rangkaian proses, mulai dari pendeteksian melalui sensor ultrasonik, klasifikasi suara klakson, pembacaan plat nomor menggunakan ALPR, aktuasi motor, pencatatan data ke Firestore, hingga kontrol melalui aplikasi web. Meskipun demikian, terdapat tiga kendala teknis yang perlu diperhatikan. Pertama, protokol deteksi suara klakson memerlukan pola bunyi yang spesifik, yaitu dua klakson singkat dengan jeda sekitar satu detik. Kedua, posisi dan sudut kamera sangat memengaruhi keberhasilan pembacaan plat nomor. Meskipun ALPR masih dapat mengenali citra yang kurang tajam, framing kendaraan yang tidak optimal, khususnya pada kendaraan kecil atau tinggi, mengurangi akurasi. Oleh karena itu, diperlukan kajian lanjutan mengenai konfigurasi kamera dan kemungkinan penggunaan lensa dengan sudut pandang lebih luas atau sistem penyesuaian tinggi otomatis. Ketiga, kontrol gerbang melalui aplikasi web bersifat satu arah, di mana perintah hanya dikirim ke broker tanpa umpan balik mengenai keberhasilan eksekusi perintah oleh sistem. Hal ini menunjukkan perlunya implementasi mekanisme verifikasi status untuk memastikan keandalan komunikasi dua arah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Yusti, “PENGONTROLAN PINTU PAGAR OTOMATIS MENGGUNAKAN ANDROID,” *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, vol. 21, no. 1, p. 97, Jul. 2021, doi: 10.36275/stsp.v21i1.365.

- [2] A. Prihanto and A. Prapanca, "Smart Automatic Sliding Gate Dengan Memanfaatkan Teknologi Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, vol. 6, no. 2, pp. 58–65, Dec. 2022, doi: 10.26740/jieet.v6n2.p58-65.
- [3] C. Widiyari, P. Abram Sianipar, and M. Diono, "Sistem Kontrol Otomatis Pagar Rumah Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan*, vol. 8, no. 2, pp. 162–174, Nov. 2022, doi: 10.35143/elementer.v8i2.5748.
- [4] A. Hanafie, S. Suradi, S. Susilawati, and St. Hasmirati, "PERANCANGAN SISTEM PINTU PAGAR OTOMATIS MENGGUNAKAN REMOTE KONTROL WIRELESS RF 315," *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 15, no. 02, pp. 87–90, Oct. 2020, doi: 10.47398/iltek.v15i02.30.
- [5] G. Saadouli, M. I. Elburdani, R. M. Al-Qatouni, S. Kunhoth, and S. Al-Maadeed, "Automatic and Secure Electronic Gate System Using Fusion of License Plate, Car Make Recognition and Face Detection," in *2020 IEEE International Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies (ICIoT)*, IEEE, Feb. 2020, pp. 79–84. doi: 10.1109/ICIoT48696.2020.9089615.
- [6] U. Usman, A. Abdul Azis Rahmansyah, and N. Fajri Apriadi, "Rancang Bangun Pagar Otomatis dengan Finger Print Berbasis Mikrokontroler," *JIT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 3, no. 1, Mar. 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i1.3.
- [7] D. Okiandri, "RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL ARDUINO PADA GERBANG OTOMATIS MENGGUNAKAN RFID," *Unira Malang*, vol. 4, no. 2, 2021.
- [8] D. Fadlianda and M. Fikry, "Innovative IoT-Based Automatic Gate System with RFID and Electro-Magnetic Lock for Secure Access," p. 6, 2024, doi: 10.29103/micoms.v4.2024.
- [9] A. Hasibuan and D. Sartika Tambunan, "Design and Development of An Automatic Door Gate Based on Internet of Things Using Arduino Uno Internet of Things IoT Arduino Automatic Door Gate Bluetooth," *Bulletin of Computer Science and Electrical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 17–27, 2021, doi: 10.25008/bcsee.v2i1.1141.
- [10] S. Alam, F. Fauzi, G. Tjahjadi, and R. S. Sya'ban, "Rancang Bangun Sistem Kendali Pintu Pagar Otomatis Berbasis Pengolahan Citra Digital Pelat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Optical Character Recognition (OCR)," *Faktor Exacta*, vol. 15, no. 2, Aug. 2022, doi: 10.30998/faktorexacta.v15i2.12922.
- [11] C. Bell, "Introducing the Arduino," in *Beginning IoT Projects*, Berkeley, CA: Apress, 2021, pp. 31–70. doi: 10.1007/978-1-4842-7234-3_2.
- [12] Indobot Academy, "Mengenal Arsitektur Internet of Things," <https://blog.indobot.co.id/mengenal-arsitektur-internet-of-things/>.
- [13] DATAFLAIR TEAM, "How IoT Works – 4 Main Components of IoT System," <https://dataflair.training/blogs/how-iot-works/>.
- [14] N. L. Yaacob, A. A. Alkahtani, F. M. Noman, A. W. M. Zuhdi, and D. Habeeb, "License plate recognition for campus auto-gate system," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 21, no. 1, pp. 128–136, Jan. 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v21.i1.pp128-136.
- [15] W. Weihong and T. Jiaoyang, "Research on License Plate Recognition Algorithms Based on Deep Learning in Complex Environment," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 91661–91675, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994287.
- [16] C. Bilen, G. Ferroni, F. Tuveri, J. Azcarreta, and S. Krstulovic, "A Framework for the Robust Evaluation of Sound Event Detection," in *ICASSP 2020 - 2020 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, IEEE, May 2020, pp. 61–65. doi: 10.1109/ICASSP40776.2020.9052995.
- [17] F. Rasyid, *METODOLOGI PENELITIAN KUALITATIF DAN KUANTITATIF Teori, Metode, Dan Praktek*. 2022.
- [18] M. Awais and J. Iqbal, "Layered Architecture of Internet of Things-A Review," 2023. [Online]. Available: <http://as-proceeding.com/>