RANCANG BANGUN PURWARUPA SISTEM PALANG PINTU OTOMATIS MENGGUNAKAN *AUTOMATIC NUMBER PLATE RECOGNITION* (ANPR) DILENGKAPI FITUR *ONE TIME PASSWORD* (OTP)

[1]*Jonathan Oliver Kislew Tanuwidjaja,* [2]*Susilo,* [3]*Stepanus*
[1,2,3] *Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia*
Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang, Jakarta Timur 13630, DKI Jakarta
[2]sruiterasset@gmail.com, [3]stepanus@uki.ac.id,
**Corresponding author*: [1]joeliverlol@gmail.com

Abstrak

Sistem palang pintu konvensional maupun yang menggunakan kartu akses masih memiliki keterbatasan, seperti risiko kehilangan kartu, antrean kendaraan, dan potensi pencurian. Penelitian ini bertujuan merancang purwarupa sistem palang pintu otomatis berbasis Automatic Number Plate Recognition (ANPR) dengan konsep Internet of Things (IoT) serta fitur One Time Password (OTP) sebagai autentikasi tambahan kendaraan keluar. Sistem menggunakan kamera, OpenCV, EasyOCR, ESP32, database MySQL, Telegram Bot, dan website monitoring untuk mengidentifikasi plat nomor serta mengontrol akses kendaraan secara real-time. Pengujian dilakukan pada sensor ultrasonik, sistem ANPR, komunikasi ESP32 dengan Python, validasi database, sistem OTP, dan servo motor. Hasil pengujian menunjukkan sensor ultrasonik memiliki nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2) mendekati 1. Sistem ANPR berhasil mengenali plat nomor dengan tingkat keberhasilan 100%, sedangkan sistem OTP mencapai keberhasilan pengiriman dan verifikasi 100% dengan rata-rata waktu 1,15 detik dan 3,01 detik. Mekanisme palang memiliki rata-rata waktu buka 1,31 detik dan waktu tutup 1,29 detik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik dan layak diterapkan sebagai sistem keamanan perumahan berbasis IoT.

Kata Kunci: *Automatic Number Plate Recognition, ESP32, Internet of Things, Optical Character Recognition, One Time Password*

Abstract

Conventional gate systems, including those using access cards, still have several limitations, such as the risk of card loss, vehicle queues, and potential vehicle theft. This study aims to design and develop an Automatic Number Plate Recognition (ANPR)-based automatic gate prototype by implementing the Internet of Things (IoT) concept and integrating a One Time Password (OTP) feature as an additional authentication method for exiting vehicles. The system utilizes a camera, OpenCV, EasyOCR, ESP32, MySQL database, Telegram Bot, and a web-based monitoring platform to recognize vehicle license plates and control vehicle access in real time. Experimental results show that the ultrasonic sensor achieved correlation coefficient (r) and coefficient of determination (R^2) values close to 1. The ANPR system obtained a 100% license plate recognition success rate, while the Telegram-based OTP system achieved a 100% success rate for both delivery and verification, with an average delivery time of 1.15 seconds and an average verification time of 3.01 seconds. The gate mechanism recorded an average opening time of 1.31 seconds and a closing time of 1.29 seconds. The results indicate that the proposed system operates effectively, and reliably as an IoT-based residential security system.

Keywords: *Automatic Number Plate Recognition, ESP32, Internet of Things, Optical Character Recognition, One Time Password*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi transportasi dan meningkatnya jumlah kendaraan menuntut adanya sistem pengelolaan akses kendaraan yang lebih efisien, aman, dan otomatis. Pada banyak area seperti perumahan, kampus, perkantoran, maupun area parkir, sistem palang pintu masih dioperasikan secara manual atau menggunakan kartu akses yang memiliki berbagai keterbatasan, seperti risiko kehilangan kartu, antrean panjang, serta potensi kesalahan manusia. Selain itu, sistem konvensional juga belum mampu melakukan identifikasi kendaraan secara *real-time* dan terintegrasi dengan sistem pemantauan jarak jauh. Hal ini membutuhkan solusi yang mampu meningkatkan efisiensi operasional sekaligus memperkuat aspek keamanan dan pengawasan.

Penelitian yang dilakukan oleh Sinaga dkk. (2023) mengenai **"*Automatic Parking Portal Mechanical System Design with DC Motor Development*"** berfokus pada pengembangan sistem mekanik palang parkir menggunakan motor DC sebagai penggerak utama menggantikan sistem AC motor dan hidrolik yang umum digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan sistem mekanis palang pintu telah dilakukan dan setelah pengujian ditemukan bahwa durasi waktu yang dibutuhkan untuk membuka palang adalah 1,5 detik dan untuk menutup 1,5 detik. Namun penelitian ini lebih mengutamakan pada aspek mekanik dan efisiensi energi, tanpa integrasi sistem identifikasi kendaraan maupun sistem kontrol berbasis kecerdasan digital[1].

Penelitian lain mengenai **"Palang Pintu Parkir Otomatis Berbasis Arduino Uno"** oleh Priyulida dkk. (2024) mengembangkan sistem otomatisasi menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi kendaraan dan motor servo sebagai aktuator pembuka palang. Arduino Uno digunakan sebagai pusat pengendali sistem. Sistem ini mampu menggantikan peran operator manual dalam membuka dan menutup portal parkir secara otomatis. Akan tetapi, sistem masih bergantung pada deteksi jarak kendaraan tanpa mekanisme autentikasi identitas kendaraan sehingga aspek keamanan akses belum optimal[2].

Selanjutnya penelitian **"Rancang Bangun Sistem Palang Pintu Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Teknologi RFID"** oleh Siti Milda Alkan Dawasoka dkk. (2025) merancang sistem palang pintu otomatis berbasis RFID menggunakan Arduino Uno. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik. Sensor RFID berhasil mengidentifikasi kartu Tag RFID yang terdaftar dan servo berhasil untuk membuka palang pintu secara otomatis. Sedangkan untuk kartu yang tidak terdaftar, maka buzzer akan memberikan peringatan dan palang tidak terbuka. Sensor infrared dapat mendeteksi kendaraan yang melewati palang pintu dan servo berhasil menutup palang secara otomatis. Namun penelitian ini masih belum terintegrasi dengan IoT[3].

"Penelitian Rancang Bangun Portal Otomatis Menggunakan Pengenalan Plat Nomor Dan *Camera*" oleh Irgi Setiawan Ardhana dan Muhammad Pikkri (2025) membuat sistem portal otomatis yang dirancang mampu mendeteksi kendaraan secara otomatis melalui kamera ESP32-CAM dan mengenali plat nomor menggunakan teknologi OCR berbasis Tesseract. Selain itu, integrasi dengan sensor ultrasonik dan motor servo memungkinkan sistem membuka dan menutup palang secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Data kendaraan yang masuk dan keluar

berhasil disimpan secara *real-time* ke dalam *database* berbasis web, sehingga mempermudah proses pemantauan dan dokumentasi. Namun kualitas kamera yang digunakan masih memiliki *delay* yang sangat tinggi[4].

Selain itu, penelitian **"Sistem Gerbang Otomatis Berbasis Pengenalan Suara Dan Plat Nomor Kendaraan"** oleh Ariya Panna dkk. (2025) memanfaatkan Raspberry Pi sebagai pengendali utama dengan integrasi sensor ultrasonik, pengenalan suara klakson sebagai *event-trigger*, serta teknologi *Automatic License Plate Recognition* (ALPR) untuk autentikasi kendaraan. Sistem berhasil mengenali plat nomor secara *real-time* serta meningkatkan keamanan akses melalui pencatatan log kendaraan berbasis web. Meskipun demikian, penelitian tersebut memerlukan sumber daya komputasi yang cukup besar serta sangat bergantung pada posisi kamera dan kondisi pencahayaan sehingga akurasi pembacaan masih dipengaruhi faktor lingkungan[5].

Berdasarkan permasalahan dan penelitian terdahulu, penelitian ini mengusulkan pengembangan purwarupa sistem palang pintu otomatis berbasis *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) yang mampu mengidentifikasi pelat nomor kendaraan secara otomatis, terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT), serta dilengkapi fitur *One-Time Password* (OTP) untuk mendukung pemantauan dan pengendalian palang pintu secara *real-time* dan jarak jauh.

KERANGKA TEORI

2.1 Sistem Palang Pintu Otomatis

Sistem palang pintu otomatis merupakan sistem kontrol akses kendaraan yang digunakan untuk mengatur keluar dan masuknya kendaraan pada suatu area tertentu seperti area parkir, perumahan, gedung perkantoran, maupun kawasan industri[6].

2.2 *Automatic Number Plate Recognition*

ANPR merupakan sistem berbasis pengolahan citra digital yang digunakan untuk mengekstraksi dan mengenali nomor plat kendaraan dari sebuah gambar secara otomatis. ANPR bekerja dengan mendeteksi area plat nomor melalui proses segmentasi citra, kemudian melakukan ekstraksi karakter menggunakan metode *Optical Character Recognition* (OCR)[7].

2.2.1 Citra Digital

Citra digital merupakan representasi visual dari suatu objek yang ditangkap melalui sistem optik seperti kamera dan dinyatakan dalam bentuk matriks dua dimensi yang terdiri dari elemen-elemen kecil yang disebut piksel (*picture element*)[8].

2.2.2 Pengolahan Citra Digital

Tujuan utama dari pengolahan citra digital adalah memproses dan memanipulasi citra digital untuk berbagai keperluan. Pengolahan citra ini melibatkan serangkaian operasi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra, mengekstraksi informasi penting, dan membuat citra lebih mudah dipahami atau digunakan dalam berbagai aplikasi[8].

2.2.3 *Canny Edge Detection*

Metode Deteksi Tepi Canny adalah proses empat langkah yang digunakan untuk menemukan tepi dalam sebuah gambar. Langkah-langkah tersebut adalah [9]:

1. *Smoothing*
2. Perhitungan Gradien
3. *Non-maximum Suppression*
4. *Double Thresholding*

2.2.4 *Optical Character Recognition*

Optical Character Recognition (OCR) merupakan teknologi yang digunakan untuk mengonversi teks dalam bentuk citra digital menjadi data teks yang dapat dibaca dan diproses oleh komputer. Dalam sistem ANPR, OCR berfungsi sebagai tahap akhir yang bertugas mengenali karakter huruf dan angka pada plat nomor kendaraan setelah proses deteksi dan segmentasi dilakukan[10].

2.3 *Internet of Things*

Konsep IoT menghubungkan seluruh perangkat elektronik ke dalam internet dan memungkinkan terjadinya komunikasi antara perangkat satu dengan perangkat lain melalui sebuah jaringan internet, dan mengumpulkan data secara terus-menerus. Data yang dikumpulkan dari perangkat-perangkat ini dapat digunakan untuk analisis[11].

2.3.1 Platform IoT

Pada sistem palang pintu otomatis berbasis ANPR, phpMyAdmin digunakan sebagai *database* untuk menyimpan berbagai informasi kendaraan, seperti nomor plat, waktu masuk dan keluar, status kendaraan (terdaftar atau tidak terdaftar), serta dokumentasi berupa gambar hasil tangkapan kamera. Data tersebut dikirimkan oleh sistem pemrosesan citra berbasis Python ke server melalui protokol HTTP, kemudian disimpan dalam *database* MySQL yang dikelola melalui phpMyAdmin.

2.4 *One Time Password*

One Time Password (OTP) merupakan kode rahasia yang paling sering digunakan di internet, cara kerja OTP adalah dengan dikirimkan ke pemilik akun dalam waktu singkat melalui pesan singkat atau SMS, Whatsapp, atau email. Kode OTP adalah biasanya memiliki masa berlaku singkat, yakni rentan antara 30 detik hingga 5 menit[12].

2.5 Telegram

Telegram merupakan salah satu aplikasi pesan instan berbasis *cloud* yang menyediakan layanan komunikasi *real-time* dengan tingkat keamanan yang tinggi serta mendukung integrasi dengan sistem otomatis melalui fitur Bot API. Dalam penelitian ini, Telegram dimanfaatkan sebagai media komunikasi antara pengguna dan sistem palang pintu otomatis berbasis IoT. Melalui bot Telegram, sistem dapat mengirimkan informasi berupa kode OTP kepada pengguna sebagai bentuk autentikasi saat kendaraan keluar, serta menerima *input* dari pengguna untuk proses verifikasi.

2.6 Evaluasi Kinerja Sistem

2.6.1 Sensor

Error digunakan untuk mengetahui tingkat kesalahan sensor saat membaca jarak atau mendeteksi objek. Persamaan untuk menghitung persentase error ditunjukkan pada Persamaan (1)[21].

$$Error(\%) = \frac{|y-x|}{x} \times 100\% \#(1)$$

Keterangan:
- y = nilai hasil pembacaan sensor (cm)
- x = nilai jarak sebenarnya (cm)

Perhitungan rata-rata data sensor ditunjukkan pada persamaan (2), kemudian dilanjutkan menghitung varians sampel pada Persamaan (3), dan Standar deviasi dihitung menggunakan Persamaan (4)[22].

$$\overline{y} = \frac{y_1 + y_2 + \ldots + y_i}{n} \#(2)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(y_i - \overline{y}\right)^2}{n-1} \#(3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \# \quad (4)$$

Keterangan:
- σ^2 = varians
- σ = standar deviasi
- y_i = nilai hasil pembacaan sensor pada pengujian ke-i (cm)
- $\overline{y}$ = nilai rata-rata dari seluruh data pengujian (cm)
- n = jumlah data pengujian

Koefisien korelasi digunakan untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara jarak sebenarnya dengan hasil pembacaan sensor ultrasonik. Pada penelitian ini, semakin mendekati +1, maka hasil pembacaan sensor semakin sesuai dengan jarak sebenarnya. Rumus Koefisien Korelasi Pearson ditunjukkan pada Persamaan (5)[22].

$$r = \frac{n\sum xy - \left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{\sqrt{\left[n\sum x^2 - \left(\sum x\right)^2\right]\left[n\sum y^2 - \left(\sum y\right)^2\right]}} \#(5)$$

Keterangan:
- r = koefisien korelasi
- n = jumlah data pengujian
- x = jarak sebenarnya (cm)
- y = hasil pembacaan sensor (cm)

Regresi linear digunakan untuk mengetahui hubungan antara jarak sebenarnya dengan hasil pembacaan sensor. Semakin mendekati garis lurus, maka semakin baik tingkat linearitas sensor. Persamaan (6) merupakan bentuk persamaan dari regresi linear[22].

$$y = ax + b \#(6)$$

Keterangan:
- y = hasil pembacaan sensor (cm)
- x = jarak sebenarnya (cm)
- a = kemiringan garis (*slope*)
- b = konstanta (*intercept*)

Selain itu, kualitas model regresi dapat dievaluasi menggunakan koefisien determinasi yang ditunjukkan pada Persamaan (7). Semakin mendekati nilai 1, maka hubungan antara hasil pengukuran sensor dan nilai sebenarnya semakin baik[22].

$$R^2 = 1 - \frac{\Sigma\left(y_i - \hat{y}_i\right)^2}{\Sigma\left(y_i - \overline{y}\right)^2} \#(7)$$

Keterangan:
- R^2 = koefisien determinasi
- y_i = nilai hasil pembacaan sensor pada pengujian ke-i (cm)
- $\hat{y}_i$ = nilai hasil prediksi berdasarkan persamaan regresi linear (cm)
- $\overline{y}$ = nilai rata-rata dari seluruh data pengujian (cm)

2.6.2 Akurasi Sistem

Akurasi sistem digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem yang ada di palang pintu otomatis dalam menjalankan fungsinya sesuai kondisi yang diharapkan. Akurasi sistem ditunjukkan pada Persamaan (8).

$$Akurasi\ sistem = \left(\frac{N_{berhasil}}{N_{total}}\right) \times 100\% \# \ (8)$$

Keterangan:
- $N_{berhasil}$ = jumlah pengujian yang berhasil
- N_{total} = jumlah seluruh pengujian

2.6.3 Waktu Respon Sistem

Waktu respon sistem adalah selisih waktu antara saat input diberikan dengan saat output dihasilkan. Waktu respon sistem ditunjukkan pada Persamaan (9).

$$T_{respon} = T_{output} - T_{input} \#(9)$$

Keterangan:
- T_{respon} = waktu respon sistem
- T_{output} = waktu saat *input* diterima

- T_{input} = waktu saat sistem memberikan respon

2.6.4 Character Accuracy (OCR)

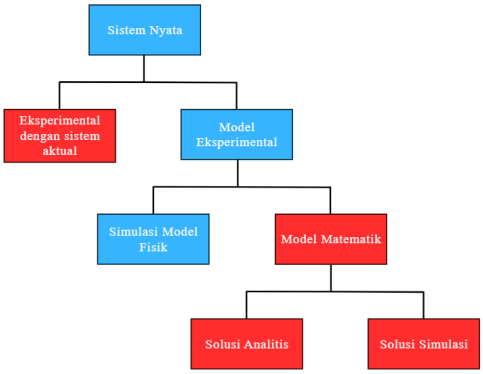
Dalam penelitian ini, evaluasi algoritma Canny Edge Detection dilakukan melalui analisis visual terhadap citra hasil pemrosesan, sedangkan kinerja OCR diukur menggunakan Character Accuracy. [9]. Perhitungan Character Accuracy ditunjukkan pada Persamaan (10).

$$CA = \left(\frac{Jumlah\ Karakter\ Benar}{Total\ Karakter}\right) \times 100\%\#\quad (10)$$

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan model eksperimental. Menurut Creswell (2009), penelitian kuantitatif merupakan pendekatan yang digunakan untuk menguji teori melalui pengukuran variabel penelitian yang dianalisis menggunakan data numerik dan statistik[23].



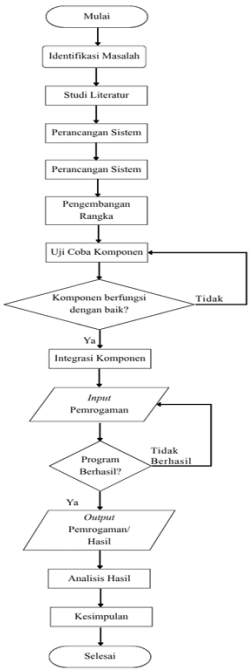
Gambar 1. Metode Penelitian Simulasi[24]

Berdasarkan Gambar 3.1, penelitian ini temasuk ke dalam model eksperimental, yaitu penelitian yang dilakukan dengan membangun sebuah model atau purwarupa sebagai representasi dari sistem nyata. Model tersebut kemudian diuji melalui serangkaian eksperimen untuk mengevaluasi kinerja setiap komponen sistem secara keseluruhan[24].

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian direncanakan berlangsung selama lima bulan, yaitu mulai Februari hingga Juni 2026 dan dilaksanakan di Laboratorium Arus Lemah Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

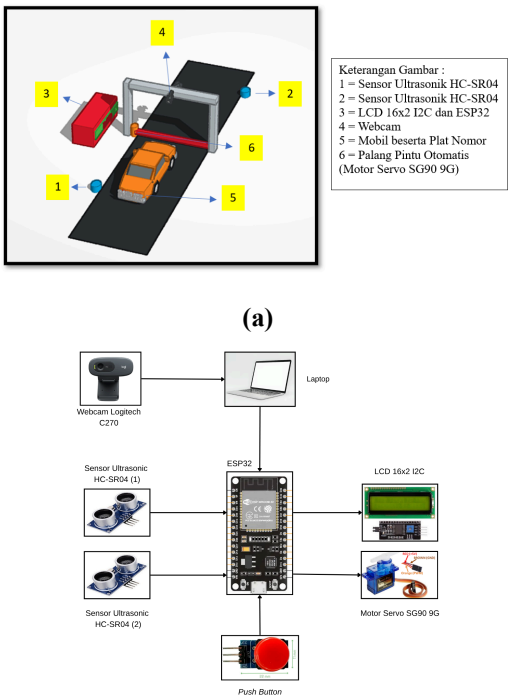
3.3 Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Gambar 2 menunjukkan alur proses yang dimulai dari identifikasi masalah hingga kesimpulan.

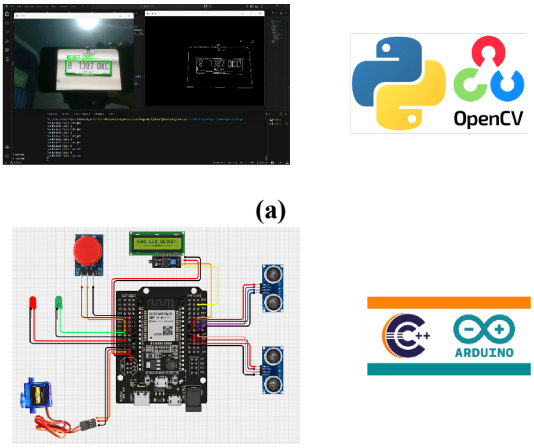
3.4 Perancangan Perangkat Keras



Gambar 3. (a) Konsep Palang Pintu Otomatis (b) Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras sistem palang pintu otomatis berbasis ANPR terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Kamera digunakan sebagai perangkat akuisisi citra[16]. Hasil identifikasi plat nomor kendaraan selanjutnya dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali sistem[11]. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi keberadaan kendaraan di area palang pintu[13] dan mengirimkan kode OTP ke telegram, sedangkan LCD 16×2 I2C digunakan untuk menampilkan informasi status palang pintu[15]. *Push Button* sebagai tombol *emergency* apabila palang pintu tidak bisa terbuka[17]. Aktuator berupa motor servo digunakan untuk membuka dan menutup palang pintu secara otomatis[14].

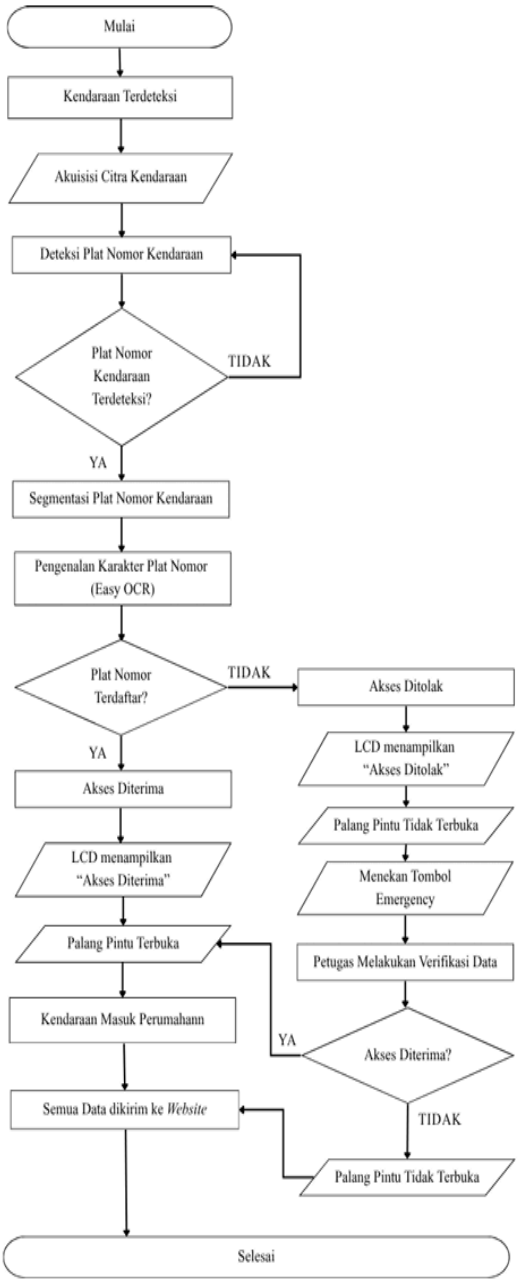
3.5 Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 4. (a) Visual Studio Code dan Python (b) Arduino IDE dan C++

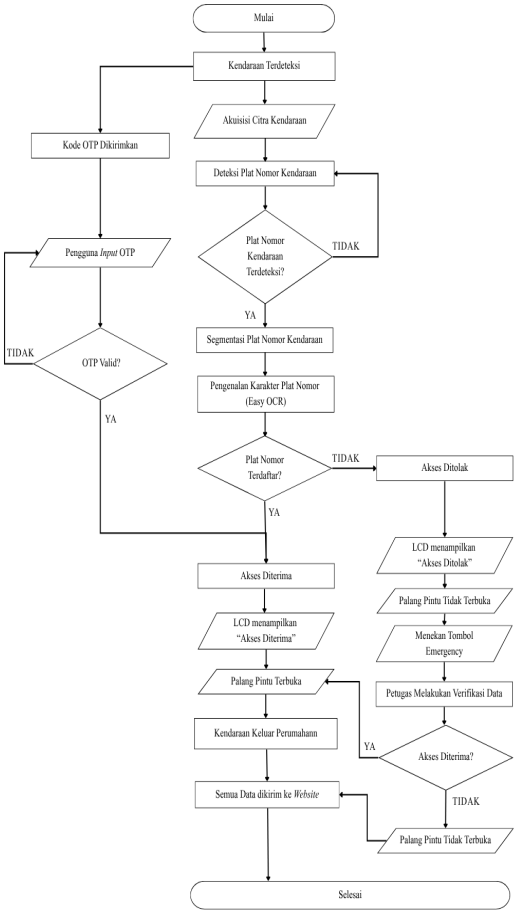
Pada Gambar 4 bagian (a), webcam digunakan untuk menangkap citra kendaraan yang kemudian diproses menggunakan Python[18] dan OpenCV menggunakan metode *Optical Character Recognition* (OCR)[19]. Pada bagian (b), perangkat lunak Arduino IDE digunakan untuk memprogram mikrokontroler[20].

3.6 Flowchart Cara Kerja Sistem



Gambar 5. Flowchart Cara Kerja Sistem Kendaraan Masuk

Gambar 5 menunjukkan alur cara kerja sistem kendaraan masuk palang pintu otomatis berbasis ANPR.



Gambar 6. Flowchart Cara Kerja Sistem Kendaraan Keluar

Gambar 6 menunjukkan alur cara kerja sistem kendaraan keluar palang pintu otomatis berbasis ANPR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Bentuk Fisik Purwarupa Sistem Palang Pintu Otomatis



Gambar 7. (a) Tampak Depan (b) Tampak Samping (c) Tampak Atas

Gambar 7 menunjukkan bentuk fisik purwarupa sistem palang pintu otomatis berbasis ANPR yang telah

dirancang dan direalisasikan pada penelitian ini.

4.2 Pengujian Sistem

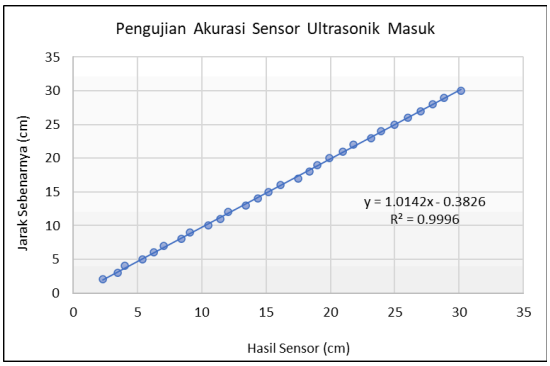
Pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dari sistem palang pintu otomatis berbasis ANPR yang telah dirancang.

4.2.1 Pengujian Sensor Ultrasonik

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik 1 (Sensor Masuk)

No.	Jarak Sebenarnya (cm)	Hasil Sensor (cm)	*Error* (cm)	*Error* (%)
1	2	2,30	0,30	15,00
2	3	3,43	0,43	14,33
3	4	4,03	0,03	0,75
4	5	5,40	0,40	8,00
5	6	6,26	0,26	4,33
6	7	7,03	0,03	0,43
7	8	8,40	0,40	5,00
8	9	9,09	0,09	1,00
9	10	10,48	0,48	4,80
10	11	11,42	0,42	3,82
11	12	12,02	0,02	0,17
12	13	13,39	0,39	3,00
13	14	14,34	0,34	2,43
14	15	15,19	0,19	1,27
15	16	16,14	0,14	0.88
16	17	17,51	0,51	3.00
17	18	18,37	0,37	2,06
18	19	18,97	0,03	0,16
19	20	19,91	0,09	0,45
20	21	20,94	0,06	0,29
21	22	21,80	0,20	0,91
22	23	23,17	0,17	0,74
23	24	23,94	0,06	0,25
24	25	24,97	0,03	0,12
25	26	26,00	0,00	0,00
26	27	27,02	0,02	0,07
27	28	27,97	0,03	0,11
28	29	28,83	0,17	0,59
29	30	30,12	0,12	0,40
30	31	31,18	0,18	0,58
Rata-rata ($\bar{e}$)			0.20	2,50

Berdasarkan Tabel 1, tingkat *error* sensor dapat dihitung dengan Persamaan (2.1), dari pengujian diatas diperoleh nilai error pada setiap pengujian dengan rata-rata *error* sebesar 0,20 cm dan rata-rata persentase *error* sebesar 2,50%. Standar deviasi *error* dihitung menggunakan Persamaan (2.4), dari hasil perhitungan diperoleh: Rata-rata ($\bar{e}$) = 0,20 cm, Varians (σ^2) = 0,03 cm, Standar deviasi *error* (σ) = 0,16 cm. Hasil perhitungan koefisien korelasi dihitung menggunakan Persamaan (2.5), Hasil perhitungan menunjukan nilai $r = 0,9998$.



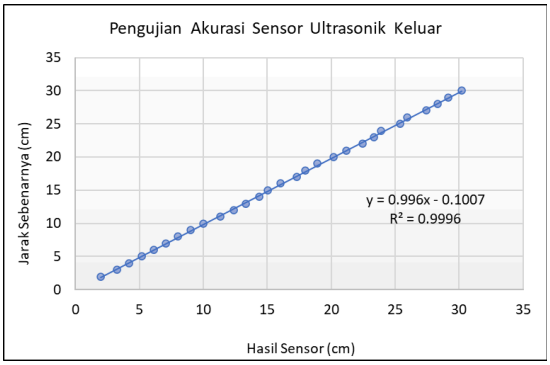
Gambar 8. Grafik Hubungan Jarak Sebenarnya terhadap Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik Masuk

Hubungan antara jarak sebenarnya dan hasil pembacaan sensor pada Gambar 8 dianalisis menggunakan regresi linear sehingga diperoleh Persamaan (2.6), $y = 1,0142x - 0,3826$. Dengan nilai koefisien determinasi yang didapat dari persamaan (2.7), $R^2 = 0,9996$. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa model regresi mampu menjelaskan hampir seluruh variasi data hasil pengukuran sensor sehingga sensor memiliki karakteristik linear yang sangat baik.

Tabel 2. Pengujian Sensor Ultrasonik 2 (Sensor Keluar)

No.	Jarak Sebenarnya (cm)	Hasil Sensor (cm)	*Error* (cm)	*Error* (%)
1	2	1,99	0,01	0,50
2	3	3,24	0,24	8,00
3	4	4,20	0,20	5,00
4	5	5,16	0,16	3,20
5	6	6,11	0,11	1,83
6	7	7,05	0,05	0,71
7	8	8,01	0,01	0,12
8	9	9,02	0,02	0,22
9	10	10,02	0,02	0,20
10	11	11,35	0,35	3,18
11	12	12,35	0,35	2,92
12	13	13,34	0,34	2,62
13	14	14,34	0,34	2,43
14	15	15,01	0,01	0,07
15	16	16,02	0,02	0,12
16	17	17,30	0,30	1,76
17	18	17,96	0,04	0,22
18	19	18,93	0,07	0,37
19	20	20,20	0,20	1,00
20	21	21,16	0,16	0,76
21	22	22,45	0,45	2,0
22	23	23,32	0,32	1,39
23	24	23,91	0,09	0,37
24	25	25,36	0,36	1,44
25	26	25,95	0,05	0,19
26	27	27,42	0,42	1,56
27	28	28,30	0,30	1,07
28	29	29,16	0,16	0,55
29	30	30,18	0,18	0,60
30	31	31,23	0,23	0,74
Rata-rata ($\bar{e}$)			0,19	1,51

Berdasarkan Tabel 2, tingkat *error* sensor dapat dihitung dengan Persamaan (2.1), dari pengujian diatas diperoleh nilai error pada setiap pengujian dengan rata-rata *error* sebesar 0,19 cm dan rata-rata persentase *error* sebesar 1,51%. Standar deviasi *error* dihitung menggunakan Persamaan (2.4), dari hasil perhitungan diperoleh: Rata-rata ($\bar{e}$) = 0.19 cm, Varians (σ^2) = 0,02 cm, Standar deviasi *error* (σ) = 0.14 cm. Hasil perhitungan koefisien korelasi dihitung menggunakan Persamaan (2.5), hasil perhitungan menunjukan nilai $r = 0,9998$.



Gambar 9. Grafik Hubungan Jarak Sebenarnya terhadap Hasil Pembacaan Sensor Ultrasonik Keluar

Hubungan antara jarak sebenarnya dan hasil pembacaan sensor pada Gambar 9 dianalisis menggunakan regresi linear sehingga diperoleh Persamaan (2.6), $y = 0,9996x - 0,1007$. Dengan nilai koefisien determinasi yang didapat dari persamaan (2.7), $R^2 = 0,9996$. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa model regresi mampu menjelaskan hampir seluruh variasi data hasil pengukuran sensor sehingga sensor memiliki karakteristik linear yang sangat baik.

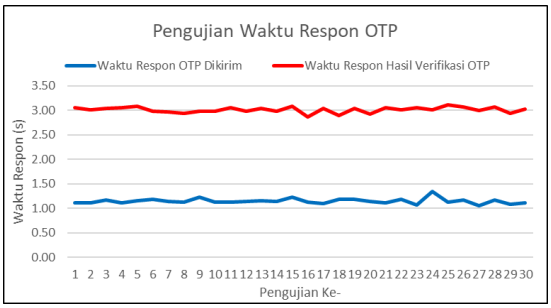
4.2.2 Pengujian Sistem Telegram (OTP)

Tabel 3. Pengujian Sistem Telegram (OTP)

No.	*Input* OTP	Status Verifikasi	Waktu Respon OTP Dikirim (s)	Waktu Respon Hasil Verifikasi OTP (s)
1	2177	✓	1,11	3,06
2	7295	✓	1,11	3,01
3	1647	✓	1,16	3,04
4	9852	✓	1,12	3,05
5	3128	✓	1,16	3,08
6	7549	✓	1,19	2,98

7	2184	✓	1,14	2,97
8	6901	✓	1,13	2,94
9	8357	✓	1,23	2,98
10	4716	✓	1,13	2,98
11	6029	✓	1,12	3,05
12	1574	✓	1,15	2,98
13	8430	✓	1,15	3.04
14	2956	✓	1,14	2.99
15	7182	✓	1,23	3.08
16	3645	✓	1,12	2.86
17	9821	✓	1,10	3.04
18	4367	✓	1,18	2.89
19	1259	✓	1,19	3.04
20	6703	✓	1,15	2.93
21	5148	✓	1,10	3.05
22	7926	✓	1,18	3.01
23	2381	✓	1,06	3.06
24	8615	✓	1,34	3.01
25	3492	✓	1,12	3.11
26	9057	✓	1,16	3.07
27	1768	✓	1,05	3.00
28	6241	✓	1,17	3.07
29	4839	✓	1,08	2.94
30	7514	✓	1,12	3.03
Rata-rata ($\bar{x}$)			1,15	3,01

Keterangan:
✓ = OTP Berhasil Diverifikasi



Gambar 10. Grafik Waktu Respon OTP

Berdasarkan hasil pengujian sistem Telegram pada Tabel 3 dan Gambar 10, diperoleh hasil bahwa sistem mampu mengirimkan kode OTP ke akun Telegram. Waktu respon sistem Telegram dihitung menggunakan Persamaan (2.9), dengan rata-rata waktu respon pengiriman OTP berkisar 1,15 detik dan hasil verifikasi berkisar 3,01 detik tergantung pada kualitas koneksi internet yang digunakan.

Dari data tersebut tingkat akurasi dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.8):

$$Akurasi\ sistem = \left(\frac{30}{30}\right) \times 100\%$$

$$Akurasi\ sistem = 100\%$$

Dari nilai akurasi 100% menunjukkan bahwa sistem telegram beroperasi dengan sangat baik. Sistem juga mampu melakukan verifikasi OTP secara akurat, dimana OTP yang sesuai akan diterima dan OTP yang tidak sesuai akan ditolak oleh sistem.



Tampilan "OTP BENAR"



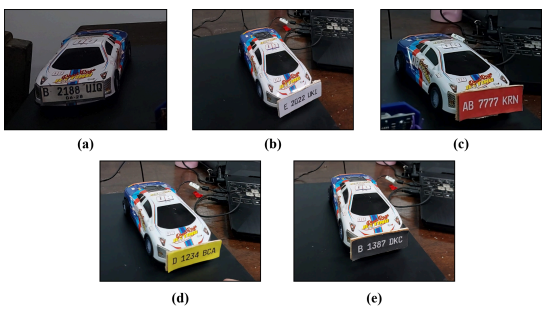
Tampilan "OTP SALAH"

Gambar 11. Tampilan Visual Telegram

Gambar 11 menunjukkan tampilan visual proses autentikasi menggunakan aplikasi Telegram pada sistem palang pintu otomatis.

4.2.3 Pengujian Sistem ANPR (OCR)

Pengujian sistem ANPR dilakukan untuk mengetahui kemampuan *webcam* dalam mendeteksi plat nomor kendaraan kendaraan. Pengujian dilakukan dengan mengarahkan *webcam* terhadap plat nomor kendaraan yang diuji seperti pada Gambar 12.

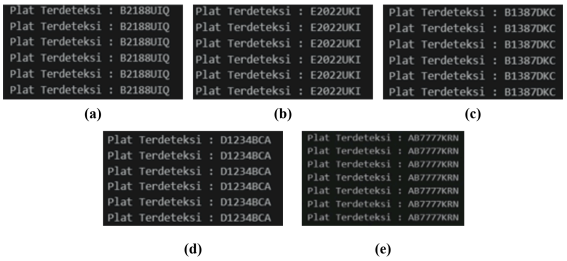


Gambar 12. (a) Plat Nomor B2188UIQ (b) Plat Nomor E2022UKI (c) Plat Nomor AB7777KRN (d) Plat Nomor D1234BCA (e) Plat Nomor B1387DKC

Tabel 4. Pengujian Sistem ANPR (OCR)

Plat Nomor	Pengujian ke-	Hasil Pembacaan OCR	Status Pembacaan OCR	Akurasi Sistem OCR (%)
B2188UIQ	1	B2188UIQ	✓	100
	2	B2188UIQ	✓	100
	3	B2188UIQ	✓	100
	4	B2188UIQ	✓	100
	5	B2188UIQ	✓	100
	6	B2188UIQ	✓	100
E2022UKI	1	E2022UKI	✓	100
	2	E2022UKI	✓	100
	3	E2022UKI	✓	100
	4	E2022UKI	✓	100
	5	E2022UKI	✓	100
	6	E2022UKI	✓	100
B1387DKC	1	B1387DKC	✓	100
	2	B1387DKC	✓	100
	3	B1387DKC	✓	100
	4	B1387DKC	✓	100
	5	B1387DKC	✓	100
	6	B1387DKC	✓	100
D1234BCA	1	D1234BCA	✓	100
	2	D1234BCA	✓	100
	3	D1234BCA	✓	100
	4	D1234BCA	✓	100
	5	D1234BCA	✓	100
	6	D1234BCA	✓	100
AB7777KRN	1	AB7777KRN	✓	100
	2	AB7777KRN	✓	100
	3	AB7777KRN	✓	100
	4	AB7777KRN	✓	100
	5	AB7777KRN	✓	100
	6	AB7777KRN	✓	100
Rata-rata ($\bar{x}$)				100

Berdasarkan hasil pengujian sistem ANPR terhadap 5 plat nomor pada Tabel 4, Tingkat akurasi sistem dihitung menggunakan Persamaan (2.10), diperoleh hasil bahwa sistem berhasil membaca plat nomor dengan benar dengan tingkat akurasi sistem 100%.



Gambar 13. (a) Tampilan Serial Monitor B2188UIQ (b) Tampilan Serial Monitor E2022UKI (c) Tampilan Serial Monitor B1387DKC (d) Tampilan Serial Monitor D1234BCA (e) Tampilan Serial Monitor AB7777KRN

Gambar 13 menunjukkan tampilan serial monitor pada saat dilakukan pengujian sistem ANPR menggunakan metode OCR. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu membaca karakter pada plat nomor dengan baik dan menampilkan hasil identifikasi secara langsung pada serial monitor.

4.2.4 Pengujian Validasi Plat Nomor

Tabel 5. Pengujian Validasi Plat Nomor

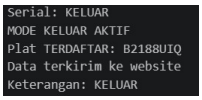
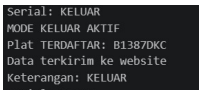
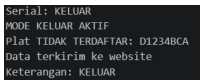
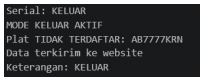
No.	Plat Nomor	Status *Database*	*Output* Sistem

1	B 2188 UIQ	Terdaftar	Terima
2	B 1387 DKC	Terdaftar	Terima
3	E 2022 UKI	Terdaftar	Terima
4	B 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Tolak
5	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Tolak

Berdasarkan hasil pengujian validasi plat nomor pada Tabel 5, diperoleh hasil bahwa sistem mampu membedakan kendaraan yang terdaftar dan tidak terdaftar dengan baik.

4.2.5 Pengujian Variasi Warna Plat Nomor

Tabel 6. Pengujian Validasi Warna Plat Nomor

No.	Plat Nomor	Tampilan *Output* OCR	Status
1			Berhasil
2			Berhasil
3			Berhasil
4			Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian variasi warna plat nomor pada Tabel 6, diperoleh hasil bahwa sistem ANPR mampu membaca karakter plat nomor kendaraan dengan baik pada beberapa jenis warna plat nomor.

4.2.6 Pengujian *Push Button*

Tabel 7. Pengujian *Push Button*

No	Kondisi Tombol	Respon Sistem	Status
1	Tombol Ditekan	*Input* terbaca *HIGH*	Tampilan *EMERGENCY ON*
2	Tombol Dilepas	*Input* terbaca *LOW*	Tampilan *EMERGENCY OFF*



Gambar 14. Tampilan LCD *Emergency*

Berdasarkan hasil pengujian *push button* pada Tabel 7, diperoleh hasil pada Gambar 14 bahwa *push button* mampu bekerja dengan baik dalam memberikan input ke sistem ESP32.

4.2.7 Pengujian LCD 16x2 I2C

Tabel 8. Pengujian LCD 16x2 I2C untuk Kendaraan Masuk

No.	Kondisi Sistem	Tampilan LCD
1	Sistem Aktif	
2	Kendaraan Terdeteksi Sensor Masuk	
3	Plat Valid	
4	Plat Tidak Valid	
5	Kendaraan Terdeteksi Sensor Keluar	

Tabel 9. Pengujian LCD 16x2 I2C untuk Kendaraan Keluar

No.	Kondisi Sistem	Tampilan LCD
1	Sistem Aktif	
2	Kendaraan Terdeteksi Sensor Keluar	
3	*Input* OTP Benar	
4	*Input* OTP Salah	
5	Plat dan OTP Valid	
6	Plat dan OTP Tidak Valid	
7	Kendaraan Terdeteksi Sensor Masuk	

Berdasarkan hasil pengujian LCD 16x2 I2C pada Tabel 8 dan Tabel 9, diperoleh hasil bahwa LCD mampu menampilkan informasi sistem dengan baik dan sesuai dengan kondisi yang terjadi pada sistem palang pintu otomatis.

4.2.8 Pengujian Sistem Kendaraan Masuk

Tabel 10. Pengujian Sistem Kendaraan Masuk

No.	Hasil OCR	Status Plat	Respon Palang Pintu	Hasil Pengujian
1	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
2	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
3	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
4	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
5	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
6	B2188UIQ	Terdaftar	Terbuka	✓
7	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	✓

8	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	
9	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	
10	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	
11	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	
12	B1387DKC	Terdaftar	Terbuka	
13	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
14	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
15	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
16	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
17	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
18	E2022UKI	Terdaftar	Terbuka	
19	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
20	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
21	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
22	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
23	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
24	D1234BCA	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
25	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
26	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
27	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
28	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
29	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	
30	AB7777KRN	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	

Keterangan:
✓ = Hasil Pengujian Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian sistem kendaraan masuk pada Tabel 10, diperoleh hasil bahwa sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Sensor ultrasonik berhasil mendeteksi keberadaan kendaraan dan sistem ANPR membaca plat nomor kendaraan.

4.2.9 Pengujian Sistem Kendaraan Keluar

Tabel 11. Pengujian Sistem Kendaraan Keluar

No.	OTP	Status Plat	Respon Palang Pintu	Hasil Pengujian
1	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
2	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
3	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
4	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
5	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
6	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
7	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
8	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
9	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
10	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
11	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
12	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
13	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
14	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
15	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
16	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
17	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
18	Benar	Terdaftar	Terbuka	✓
19	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
20	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
21	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
22	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
23	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
24	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
25	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
26	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
27	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
28	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓
29	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓

30	Benar	Tidak Terdaftar	Tidak Terbuka	✓

Keterangan:
✓ = Hasil Pengujian Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian sistem kendaraan keluar pada Tabel 11, diperoleh hasil bahwa sistem mampu melakukan autentikasi kendaraan keluar dengan baik menggunakan kombinasi validasi OTP Telegram dan validasi plat nomor kendaraan.

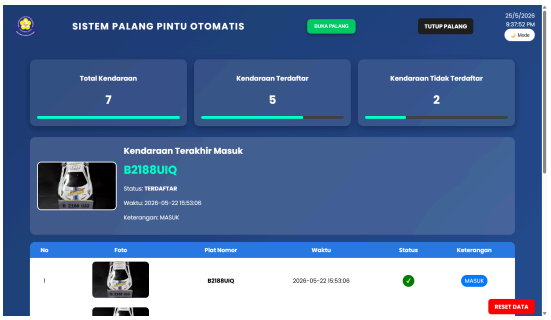
4.2.10 Pengujian Pengiriman Data ke *Website*

Pengujian pengiriman data ke *website* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan dan menampilkan data kendaraan secara *real-time* pada *dashboard website*. Pengiriman data dilakukan menggunakan metode HTTP POST dari program Python menuju *server website* berbasis PHP dan MySQL.

Tabel 12. Pengujian Pengiriman Data ke *Website*

No.	Plat Nomor	Status Plat	Keterangan	D Ter
1	B 2188 UIQ	Terdaftar	Masuk	
2	B 2188 UIQ	Terdaftar	Masuk	
3	B 2188 UIQ	Terdaftar	Masuk	
4	B 2188 UIQ	Terdaftar	Keluar	
5	B 2188 UIQ	Terdaftar	Keluar	
6	B 2188 UIQ	Terdaftar	Keluar	
7	B 1387 DKC	Terdaftar	Masuk	
8	B 1387 DKC	Terdaftar	Masuk	
9	B 1387 DKC	Terdaftar	Masuk	
10	B 1387 DKC	Terdaftar	Keluar	✓
11	B 1387 DKC	Terdaftar	Keluar	✓
12	B 1387 DKC	Terdaftar	Keluar	✓
13	E 2022 UKI	Terdaftar	Masuk	✓
14	E 2022 UKI	Terdaftar	Masuk	✓
15	E 2022 UKI	Terdaftar	Masuk	✓
16	E 2022 UKI	Terdaftar	Keluar	✓
17	E 2022 UKI	Terdaftar	Keluar	✓
18	E 2022 UKI	Terdaftar	Keluar	✓
19	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
20	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
21	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
22	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Keluar	✓
23	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Keluar	✓
24	D 1234 BCA	Tidak Terdaftar	Keluar	✓
25	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
26	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
27	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Masuk	✓
28	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Keluar	✓
29	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Keluar	✓
30	AB 7777 KRN	Tidak Terdaftar	Keluar	✓

Keterangan
✓ = Data Berhasil Dikirim



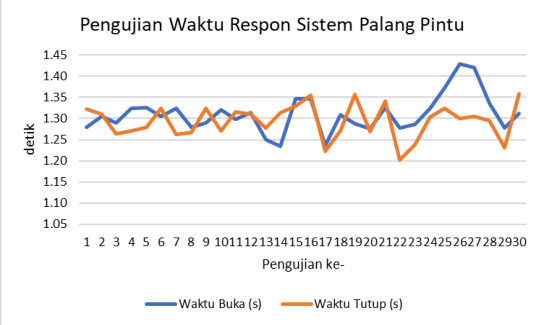
Gambar 15. Tampilan Lengkap *Website*

Berdasarkan hasil pengujian pengiriman data ke *website* pada Tabel 12, diperoleh hasil bahwa sistem berhasil mengirimkan seluruh data kendaraan ke *database* MySQL secara otomatis dan *real-time*. Data yang dikirim meliputi plat nomor kendaraan, foto kendaraan, waktu deteksi, status kendaraan, serta keterangan kendaraan masuk atau keluar. Selain itu, berdasarkan Gambar 15, *dashboard website* berhasil menampilkan seluruh data kendaraan dengan baik.

4.2.11 Pengujian Waktu Respon Sistem Palang Pintu Otomatis

Tabel 13. Pengujian Waktu Respon Sistem Palang Pintu

Pengujian ke-	Waktu Buka (s)	Waktu Tutup (s)
1	1,28	1,32
2	1,31	1,31
3	1,29	1,26
4	1,32	1,27
5	1,33	1,28
6	1,31	1,32
7	1,32	1,26
8	1,28	1,27
9	1,29	1,32
10	1,32	1,27
11	1,30	1,32
12	1,31	1,31
13	1,25	1,28
14	1,23	1,31
15	1,35	1,33
16	1,35	1,36
17	1,24	1,22
18	1,31	1,27
19	1,29	1,36
20	1,28	1,27
21	1,32	1,34
22	1,28	1,20
23	1,29	1,24
24	1,32	1,30
25	1,37	1,32
26	1,43	1,30
27	1,42	1,30
28	1,34	1,30
29	1,28	1,23
30	1,31	1,36
Rata-rata ($\bar{x}$)	1,31	1,29
Varians (σ^2)	0,002	0,002
Standar Deviasi (σ)	0,044	0,040



Gambar 16. Grafik Perbandingan Waktu Buka dan Waktu Tutup Palang Pintu

Berdasarkan hasil pengujian sistem Palang Pintu Otomatis pada Tabel 13, diperoleh hasil bahwa sistem mampu membuka dan menutup palang pintu secara otomatis. Waktu respon sistem palang pintu dihitung menggunakan Persamaan (2.9), diperoleh rata-rata waktu respon buka palang pintu berkisar 1,31 detik dan waktu respon tutup palang pintu berkisar 1,29 detik. Gambar 16 menunjukkan grafik perbandingan waktu

pembukaan dan penutupan palang pintu berdasarkan hasil pengujian sebanyak.

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Purwarupa sistem palang pintu otomatis berbasis ANPR berhasil dirancang dan dibangun. Sistem juga berhasil menerapkan fitur OTP sebagai autentikasi tambahan pada proses kendaraan keluar sehingga meningkatkan keamanan akses kendaraan.
2. Kinerja purwarupa sistem palang pintu otomatis menunjukkan hasil yang baik. Sensor ultrasonik memiliki nilai koefisien korelasi (r) dan koefisien determinasi (R^2) mendekati 1, menunjukkan tingkat akurasi pengukuran yang tinggi. Sistem ANPR berhasil mengenali plat nomor dengan tingkat keberhasilan 100%, sedangkan sistem OTP mencapai keberhasilan pengiriman dan verifikasi 100% dengan rata-rata waktu 1,15 detik untuk pengiriman OTP dan 3,01 detik untuk hasil verifikasi OTP. Selain itu, Mekanisme palang memiliki rata-rata waktu buka 1,31 detik dan waktu tutup 1,29 detik.
3. Implementasi konsep IoT pada sistem berhasil diealisasikan. Seluruh data kendaraan, hasil identifikasi plat nomor, serta status akses kendaraan dapat dikirim, disimpan, dan ditampilkan secara *real-time* pada *website*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian sistem yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Metode pengolahan citra dapat ditingkatkan mmenggunakan teknologi *deep learning* atau algoritma deteksi objek seperti *You Only Look Once* (YOLO) untuk meningkatkan peforma deteksi dan pembacaan plat nomor kendaraan secara *real-time*.
2. Sistem dapat dikembangkan menggunakan *server cloud* sehingga proses *monitoring* kendaraan dapat diakses secara *online* dari berbagai perangkat dan lokasi tanpa bergantung pada jaringan lokal.
3. Untuk meningkatkan stabilitas sistem, disarankan menggunakan koneksi internet yang lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Sinaga, F. Sihombing, B. Syam, and M. Muttaqin, “Automatic Parking Portal Mechanical System Design with DC Motor Development,” in Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 2023, pp. 255–262. doi: 10.1007/978-981-19-3629-6_27.

[2] F. Priyulida, R. A. Putra, and H. Situmorang, “Palang Pintu Parkir Otomatis Berbasis Arduino Uno,” Go Infotech J. Ilm. STMIK AUB, vol. 30, no. 1, pp. 87–95, Jun. 2024, doi: 10.36309/goi.v30i1.263.

[3] S. M. A. Dawasoka, M. D. Kautsar, M. Firizki, and A. Rahman, “Rancang Bangun Sistem Palang Pintu Otomatis Berbasis Arduino Uno Dengan Teknologi RFID,” MDP Student Conf., vol. 4, no. 1, pp. 409–416, 2025, doi:

10.35957/mdp-sc.v4i1.11150.

[4] I. Ardhana and M. Pikkri, “Rancang Bangun Portal Otomatis Menggunakan Pengenalan Plat Nomor dan Camera,” 2025.

[5] A. Panna, A. Febrian Anggraini, N. R. Sucipto, and T. H. Rochadiani, “Sistem Gerbang Otomatis Berbasis Pengenalan Suara dan Plat Nomor Kendaraan,” 2025.

[6] I. P. Sari, A. H. Hazidar, M. Basri, F. Ramadhani, and A. A. Manurung, “Penerapan Palang Pintu Otomatis Jarak Jauh Berbasis RFID di Perumahan,” Blend Sains J. Tek., vol. 2, no. 1, pp. 16–25, 2023, doi: 10.56211/blendsains.v2i1.246.

[7] M. Ray, “Automatic Number Plate Recognition Menggunakan Teknik Pengolahan Citra,” pp. 1–2, 2021.

[8] R. Dijaya and H. Setiawan, Buku Ajar Pegolahan Citra Digital, Edisi ke-1. UMSIDA Press, 2023.

[9] A. S. Firin and S. Sriani, “Analisis Algoritma Canny Edge Detection dengan Tesseract OCR untuk Mendeteksi Pelat Nomor Kendaraan Bermotor,” Euler J. Ilm. Mat. Sains dan Teknol., vol. 13, no. 3, pp. 381–393, 2025, doi: 10.37905/euler.v13i3.34868.

[10] M. Fitrian and D. Ogi, “Implementasi RFID dan Optical Character Recognition (OCR) pada Prototipe Sistem Gerbang Otomatis,” Info Kripto, vol. 19, no. 1, pp. 1–12, Apr. 2025, doi: 10.56706/ik.v19i1.115.

[11] A. Irianto Sukowati, N. Marliza, S. Siti Nurhaliza, and L. Mawadda Rahmah, Internet Of Things (IoT) Dengan ESP32, vol. 1. 2024.

[12] T. Nurrahim, “Mengenal One Time Password (OTP).” [Online]. Available: https://indonesiabaik.id/infografis/mengenal-one-time-password-otp

[13] E. Prastyo, “Pengertian dan Cara Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04.” [Online]. Available: https://www.arduinoindonesia.id/2022/10/pengertian-dan-cara-kerja-sensor-ultrasonik-HC-SR04.html

[14] F. Urrohman, “Motor Servo SG90.” [Online]. Available: https://www.edukasielektronika.com/2020/12/motor-servo-sg90.html

[15] Ardutech, “LCD I2C dengan Arduino.” [Online]. Available: https://www.ardutech.com/lcd-i2c-dengan-arduino/

[16] “Apa itu Webcam?, ini Pengertian, Fungsi, Cara Kerja & Harga.” [Online]. Available: https://asani.co.id/

[17] E. Prastyo, “Arduino Button - Cara Menggunakan Push Button dengan Arduino UNO.” [Online]. Available: https://www.arduinoindonesia.id/2026/05/arduino-button-cara-menggunakan-push-button-dengan-arduino-uno.html

[18] “Python: Pengertian, Contoh Penggunaan, dan Manfaat Mempelajarinya.” [Online]. Available: https://www.dicoding.com/blog/python-pengertian-contoh-penggunaan-dan-manfaat-mempelajarinya/

[19] H. Sidharta, “Introduction to Open CV.” [Online]. Available: https://binus.ac.id/malang/2017/10/introduction-to-open-cv/#:~:text=OpenCV (Open Source Computer Vision,menyederhanakan programing terkait citra digital.

[20] E. Prastyo, “Software Arduino IDE”, [Online]. Available: https://www.arduinoindonesia.id/2018/07/software-arduino-ide.html

[21] B. A. Salsabilah, A. Adhamatika, and D. Triardianto, “Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik HC-SR04 dalam Mengukur Jarak Suatu Benda Accuration Testing of the HC-SR04 Ultrasonic Sensor in Measuring the Distance of an Object,” no. November, pp. 175–180, 2024, doi: 10.25047/nacia.v2i1.236.

[22] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers, and K. Ye, Probability & Statistics for Engineers & Scientists, Ninth Edit. Pearson Education, Inc., 2012.

[23] J. W. Creswell, Research Design, Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Mixed, Edisi ke-3. Pustaka Belajar, 2013.

[24] T. Oktovialenta, Susilo, and Stepanus, “Rancang Bangun Purwarupa Smart Attendance System Berbasis Teknologi Internet Of Things (IoT),” LektrokomJurnal Ilm. Progr. Stud. Tek. Elektro, vol. 8, pp. 22–34, 2025.