

Prototipe Sistem Parkir Otomatis Berbasis IoT dengan Deteksi Plat Nomor Menggunakan YoLo V11 dan ESP32-CAM

Tegar Ibnu Damaji^{1*}, Ipin Prasajo², Nurul Kholisatul 'ulya³

^{1,3}S1 Informatika/Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta

²DIV Teknologi Rekayasa Elektromedis/Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta

*Email: 012021070013@students.itspku.ac.id

Kata Kunci:

Internet of Things, YOLO v11, ESP32-CAM, parkir otomatis, deteksi plat nomor.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem parkir otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mendeteksi plat nomor kendaraan secara real-time menggunakan algoritma YOLO v11 dan modul ESP32-CAM. Pokok penelitian ini adalah mengatasi masalah pengelolaan parkir yang kurang efisien, khususnya di lingkungan kampus Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta, dengan mengembangkan sistem yang dapat mencatat data kendaraan secara otomatis. Metode penelitian yang digunakan adalah metode prototipe, yang dimulai dari observasi, perancangan sistem, implementasi, hingga pengujian. Sistem bekerja saat sensor Magnetic Hall Effect mendeteksi kendaraan, kemudian ESP32-CAM menangkap gambar plat nomor, yang hasilnya dikirim melalui API ke dashboard web. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai spesifikasi, dengan rata-rata waktu deteksi 3,82 detik pada jaringan WiFi dan 4,61 detik pada jaringan seluler. Meskipun akurasi pembacaan plat nomor baru mencapai 60% yang dipengaruhi oleh faktor pencahayaan dan kondisi plat, sistem ini terbukti dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir.

IoT-Based Automated Parking System Prototype with License Plate Detection Using YoLo V11 and ESP32-CAM

Keyword:

Internet of Things, YOLO v11, ESP32-CAM, automatic parking, license plate detection

Abstract

This study aims to design and implement a prototype of an Internet of Things (IoT)-based automatic parking system that is capable of detecting vehicle license plates in real time using the YOLO v11 algorithm and ESP32-CAM module. The main focus of this research is to address the issue of inefficient parking management, particularly in the campus environment of Muhammadiyah PKU Surakarta University, by developing a system that can automatically record vehicle data. The research method used is the prototype method, which begins with observation, system design, implementation, and testing. The system works when the Magnetic Hall Effect sensor detects a vehicle, then the ESP32CAM captures the license plate image, which is sent via API to the web dashboard. The research results show that

the system can function according to specifications, with an average detection time of 3.82 seconds on a WiFi network and 4.61 seconds on a cellular network. Although the accuracy of license plate reading has only reached 60%, which is affected by lighting and plate conditions, this system has been proven to improve parking management efficiency.

PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, pengelolaan area parkir yang efisien telah menjadi sebuah tantangan signifikan, terutama di lingkungan dengan volume kendaraan tinggi seperti universitas. Sistem parkir konvensional yang masih mengandalkan pencatatan manual dan pengawasan terbatas oleh operator rentan terhadap kesalahan data dan kurang efektif. Latar belakang inilah yang mendasari permasalahan di Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta, di mana sistem parkir yang ada saat ini kurang sistematis, sehingga menyulitkan proses pengawasan dan pendataan kendaraan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem parkir yang sistematis untuk mempermudah pengawasan dan pendataan kendaraan. Urgensi penelitian ini adalah bagaimana merancang sebuah prototipe sistem parkir otomatis berbasis IoT yang mampu mendeteksi plat nomor secara *real-time* untuk meningkatkan efisiensi manajemen parkir. Urgensi dari penelitian ini terletak pada kebutuhan untuk mengurangi kesalahan manusia, meningkatkan keamanan, dan menyediakan data kendaraan yang akurat dan terkontrol untuk evaluasi serta perencanaan pengelolaan parkir di masa depan.

Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini mengusulkan pengembangan prototipe sistem parkir otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan teknologi pengenalan plat nomor. Tujuan dari perancangan prototipe adalah untuk menghasilkan rangkaian atau model alat yang dapat digunakan dengan mempertimbangkan berbagai hal, seperti kebutuhan, keamanan, dan kemudahan pengguna tanpa mengurangi kemampuan alat (Syah et al., 2025). Kajian literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan, khususnya algoritma deteksi objek seperti You Only Look Once (YOLO), telah terbukti efektif untuk aplikasi *real-time*. Versi terbarunya yaitu YOLO v11, menawarkan peningkatan dalam hal akurasi dan kecepatan deteksi, yang sangat penting untuk aplikasi *real-time* seperti pengawasan lalu lintas dan manajemen parkir (Bochkovskiy et al., 2020). Dengan kemampuan untuk mendeteksi objek secara efisien, YOLO v11 diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional dalam pengenalan plat nomor (Sharma et al., 2024). Beberapa penelitian sebelumnya menjadi penunjang konsep penelitian ini. (Mappellawa, n.d.) mengembangkan prototipe deteksi pelat kendaraan menggunakan YOLO dan Tesseract OCR dengan akurasi deteksi 100%. Sementara itu Istiqlal et al (2023) merancang sistem *smart parking* berbasis IoT untuk mengontrol ketersediaan slot parkir. Penelitian lain oleh Yudistira et al., (2022) mengembangkan miniatur gerbang parkir pintar menggunakan RFID dan e-KTP untuk mengurangi kontak fisik. Perbedaan utama penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan sensor *Magnetic Hall Effect* untuk mendeteksi keberadaan kendaraan yang diintegrasikan dengan algoritma YOLO v11 dan modul ESP32-CAM.

Melihat kondisi tersebut, penelitian ini menawarkan solusi untuk mengatasi permasalahan dengan cara pembuatan Prototipe Sistem Parkir Otomatis Berbasis Iot dengan Deteksi Plat Nomor Menggunakan YoLo V11 dan ESP32-CAM. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang, membangun, dan mengukur efektivitas prototipe sistem parkir otomatis yang diusulkan, khususnya dalam hal kecepatan respons sensor dan akurasi pencatatan data kendaraan. Namun, terdapat beberapa batasan yang diterapkan untuk menjaga fokus penelitian. Prototipe ini diuji dalam bentuk diorama, bukan pada skala lingkungan parkir yang sebenarnya. Fungsionalitas sistem terbatas pada pencatatan waktu dan plat nomor, tanpa mengintegrasikan sistem pembayaran atau identifikasi pengguna. Selain itu, akurasi deteksi

plat nomor sangat bergantung pada kondisi pencahayaan yang memadai dan posisi kendaraan yang tidak terhalang, serta tidak dirancang untuk menangani plat nomor yang rusak atau kotor. Aspek non-teknis seperti analisis biaya operasional dan dampak sosial juga tidak dibahas secara mendalam. Kualitas jaringan juga menjadi salah satu aspek penting dalam pengujian prototipe ini, pada kondisi *traffic* yang padat karena pembagian *bandwidth* yang tidak merata dapat menjadi sebab lambatnya jaringan internet (Kholisatul 'Ulya et al., 2021). Maka dari itu kecepatan jaringan dapat mempengaruhi tingkat efektifitas dalam pengiriman data gambar. Rencana pemecahan masalah yang diajukan adalah dengan membangun sistem yang dipicu oleh sensor *Magnetic Hall Effect* saat kendaraan datang. Setelah terdeteksi, modul ESP32-CAM akan menangkap citra plat nomor, yang kemudian akan diproses oleh algoritma YOLO v11 untuk dikenali karakternya. Data hasil deteksi akan dikirimkan ke *dashboard* web untuk pencatatan dan monitoring, dan palang parkir akan terbuka secara otomatis. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat mengatasi kelemahan sistem parkir manual yang ada saat ini.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem prototipe (*prototyping*). Metode ini dipilih karena memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap, di mana model awal (prototipe) dibangun terlebih dahulu untuk diuji dan mendapatkan umpan balik (Kholisatul et al., 2025).

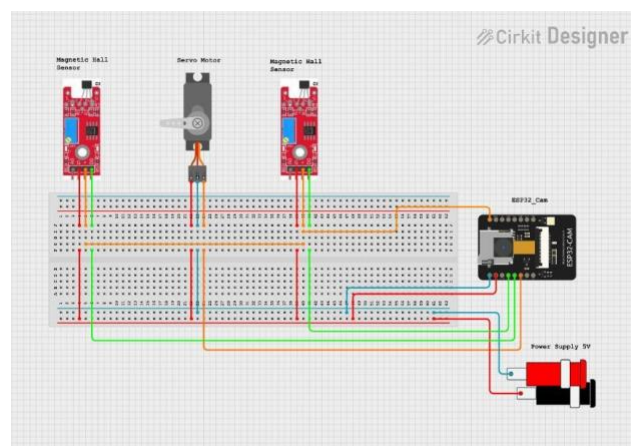
Secara umum metode pengembangan sistem prototipe (*prototyping*) memiliki beberapa tahapan penelitian didalamnya meliputi observasi dan studi literatur, perancangan desain sistem, implementasi prototipe awal, pengujian dan evaluasi. Tahapan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Observasi dan Studi Literatur

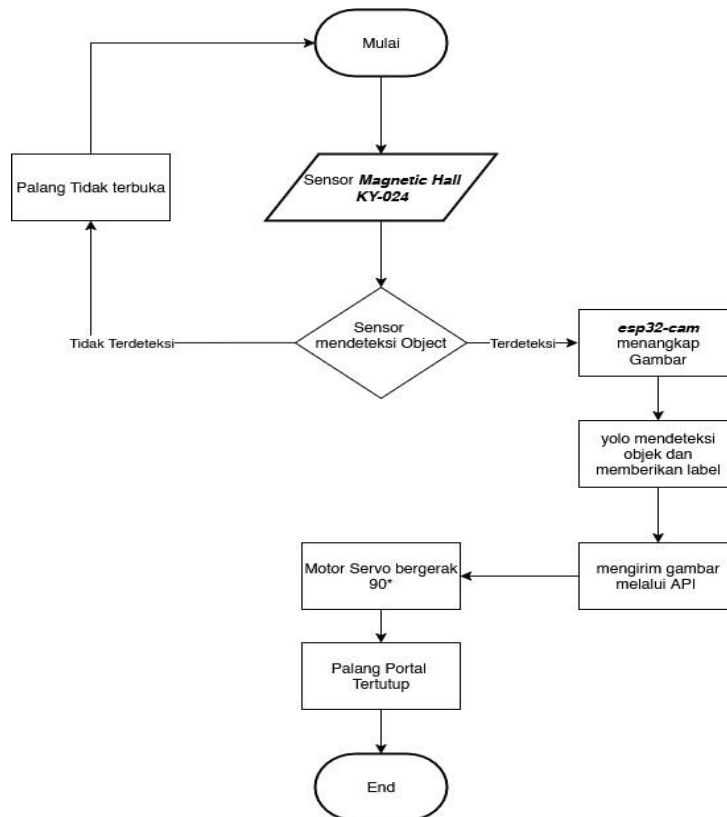
Penelitian ini diawali dengan melakukan pengamatan terhadap kebutuhan pada lahan parkir di Universitas Muhammadiyah PKU Surakarta yang mana tidak adanya pendataan kendaraan bermotor di area kampus. Melakukan kajian terhadap literatur yang relevan mengenai sistem parkir otomatis, teknologi IoT, dan algoritma deteksi objek seperti YOLO (Zanariyah, 2024).

2. Perancangan Desain Sistem

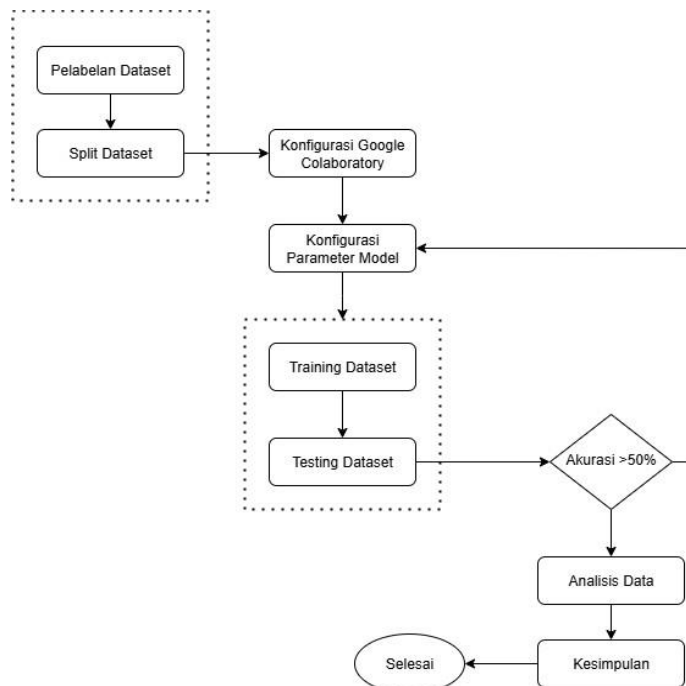
Tahap ini terdiri dari pembuatan *flowchart* dari sistem parkir otomatis dan pengolahan dataset yang digunakan untuk pendeteksian plat nomor kendaraan. Pada gambar no 2 merupakan rancangan rangkaian sistem mikrokontroler dengan perangkat elektronik lainnya seperti sensor, kabel dan lain sebagainya



Gambar 1. Skema Perancangan Sistem



Gambar 2. Flowchart Prototipe



Gambar 3. Flowchart Pengolahan Dataset

3. Implementasi Prototipe Awal

Tahap implementasi merupakan proses penerapan dan pengujian sistem (Riswanto et al., 2025). Sistem dirancang secara bertahap dengan melakukan simulasi pada rancangan awal prototipe sistem parkir otomatis berbasis IoT dengan deteksi plat nomor kendaraan menggunakan algoritma YOLO v11 dan modul ESP32CAM dengan mengintegrasikan berbagai modul sensor yang ada. Serta penggunaan sistem dalam kondisi nyata untuk mengidentifikasi potensi masalah dan area yang perlu diperbaiki.

4. Pengujian dan Evaluasi

Setelah tahapan implementasi, sistem diuji menggunakan metode *blackbox testing*, hal ini dilakukan untuk memastikan sistem yang sudah dibangun sebelumnya berjalan sesuai dengan yang diharapkan, dan diuji secara langsung untuk melihat akurasi serta seberapa efektif sistem bisa bekerja.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe palang parkir otomatis berbasis esp32-cam menggunakan algoritma yolo v11, dimana sistem ini mengintegrasikan beberapa alat seperti sensor *magnetic hall* ky-024, motor servo SG-90, dan ESP32-CAM. Sistem ini dirancang untuk menggantikan sistem parkir konvensional yang terbilang kurang efektif. Dengan penggunaan algoritma yolo dalam prototipe ini, sistem ini mampu meningkatkan akurasi deteksi plat nomor serta efisiensi pengelolaan parkir.

a. *Dashboard* Parkir

Di halaman ini admin dapat melihat data plat nomer masuk maupun keluar dari kendaraan yang sudah ditangkap oleh ESP32-CAM sebelumnya. Tujuannya dari halaman ini adalah untuk dapat melihat kegiatan keluar masuk kendaraan, termasuk jam kendaraan masuk maupun keluar. Tampilan dirancang sederhana agar responsif.

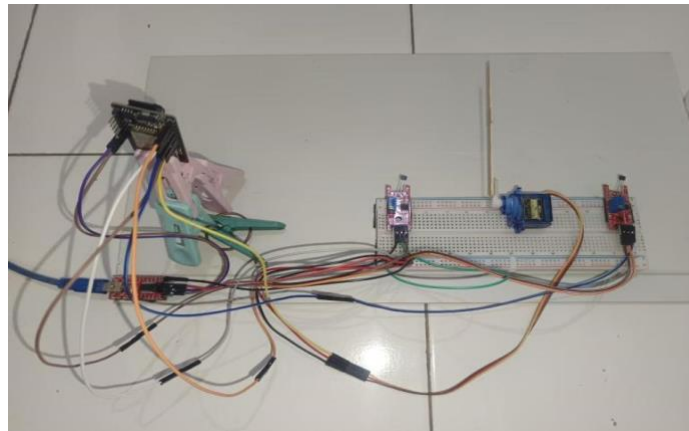


Plate Number	Time	Type
AD2832NW0128 [Entry]	05:35:09	Entry
AD2832NW0128 [Invalid Exit]	05:37:11	Exit
D280GBV328 [Entry]	05:39:20	Entry
280GB28 [Exit]	05:41:24	Exit
AD3775W0827 [Entry]	05:44:28	Entry
AD3775W08272 [Invalid Exit]	05:46:10	Exit
D38245010T12G [Invalid Entry]	05:53:02	Entry
D683829401T01G [Invalid Entry]	05:54:28	Entry
D40V77D [Entry]	05:55:06	Entry
D40177D28 [Exit]	05:59:14	Exit

Gambar 4. Halaman Dashboard Admin

b. Hasil Prototipe

Ini adalah hasil implementasi prototipe dimana sistem dimulai dari sebelah kanan, sensor *magnetic hall* pertama digunakan dalam pendeteksian kendaraan masuk, setelah terdeteksi esp32-cam akan mengambil gambar dan mengirim ke halaman web, setelah terkirim palang akan terbuka yang digerakkan oleh servo sg90 dan sensor *magnetic hall* terakhir digunakan untuk deteksi kendaraan keluar.



Gambar 5. Hasil Perakitan Prototipe

c. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *black-box testing* dengan berfokus pada kesesuaian sistem yang sudah dirancang. Berdasarkan skenario pengujian prototipe, seluruh sensor bisa dijalankan dengan baik sesuai yang diharapkan.

Tabel 1. *Black-box testing Prototipe Palang Parkir Otomatis*

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
1	Sensor <i>Magnetic Hall</i> KY-024 mendeteksi adanya medan magnet disekitar area sensor	Sensor akan mendeteksi magnet dan mengirimkan sinyal kepada esp32-cam untuk menangkap gambar plat nomor kendaraan	Valid
2	Esp32-cam menangkap gambar plat nomor kendaraan setelah sensor mendeteksi medan magnet	Menangkap gambar plat nomor dan pengiriman gambar melalui API untuk ditampilkan didalam web	Valid
3	Motor servo Sg-90 bergerak 90* ketika esp32-cam telah melakukan <i>upload</i> gambar melalui API	Servo motor bergerak 90* ketika proses <i>upload</i> selesai	Valid

d. Hasil Pengujian Sensor *Magnetic Hall* dan Algoritma Yolo

Untuk mengukur tingkat akurasi sensor *magnetic hall*, kecepatan *upload* dan algoritma yolo, dilakukan pengujian sebanyak 10 kali.

Tabel 2. Tingkat Akurasi Sensor Dan Kecepatan Upload (Wifi)

Percobaan	Kecepatan deteksi sensor	Kecepatan menampilkan hasil upload
1	3.04	20.19
2	2.03	15.12

3	4.02	14.15
4	4.15	12.50
5	4.10	15.50
6	4.15	13.52
7	5.15	15.00
8	3.05	16.00
9	4.13	14.03
10	4.10	13.10

Tabel 3. Tingkat Akurasi Sensor Dan Kecepatan Upload (Seluler)

Percobaan	Kecepatan deteksi sensor	Kecepatan menampilkan hasil upload
1	7.00	20.02
2	4.05	19.18
3	4.03	20.15
4	4.15	20.14
5	5.19	21.15
6	4.15	21.00
7	4.10	21.10
8	4.15	23.16
9	4.13	21.15
10	4.10	21.02

Tabel 4. Tingkat Akurasi Kamera

No	Plat masuk	Plat keluar	gambar
1	AD2832NW0128	AD2832NW0128	
2	D280GBV326	280GB26	

3	AD3775W0927	AD3775W09272	
4	4241JW26	0424W1265	
5	D40777D	D40177D26	
6	AD1416H	AD1416H	
7	AD6394ASD	AD6394ASD	
8	AD2025RU0125	AD2025RU0125	

9 H2947AKC0328 H2947AKC0328



10 H3285CV0328 H3285CV0328



Berdasarkan hasil pemaparan diatas, diperoleh tingkat akurasi sensor sebesar 3,82 detik pada jaringan wifi dan 4,61detik pda jaringan seluler dan tingkat akurasi kamera sebesar 60%. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik, tetapi masih perlu adanya peningkatan kualitas kamera untuk meningkatkan kualitas penangkapan nomor plat kendaraan.

2. Pembahasan

Analisis implementasi system

Sistem prototipe parkir otomatis berbasis ESP32-CAM dengan algoritma YOLO v11 berhasil diimplementasikan. Integrasi antara sensor *magnetic hall effect* KY-024, ESP32-CAM, dan motor servo SG-90 berjalan sesuai fungsi. Dari sisi perangkat lunak, *library* yang digunakan sudah mencakup kebutuhan utama, mulai dari kontrol pin, koneksi jaringan, pengelolaan data, hingga integrasi API.

Antarmuka berupa *dashboard* monitoring berbasis web juga menjadi poin penting. *Dashboard* ini mampu menampilkan data *real-time* terkait status parkir, riwayat kendaraan masuk/keluar, dan jumlah slot yang tersedia. Dengan sifatnya yang responsif, *dashboard* dapat diakses dari berbagai perangkat sehingga memudahkan pengelola parkir.

Secara umum, sistem sudah berfungsi sesuai rancangan, terbukti dari hasil *blackbox test* yang valid. Namun, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan:

- Akurasi 60% masih tergolong rendah untuk sistem parkir skala besar. Dibutuhkan peningkatan algoritma OCR atau preprocessing gambar.
- Ketergantungan jaringan cukup tinggi. Implementasi lokal server (*edge computing*) atau *buffering* data bisa menjadi solusi untuk mengurangi *delay upload*.
- User experience dashboard* sudah baik, namun bisa ditingkatkan dengan fitur notifikasi *real-time* atau integrasi *database* agar riwayat penggunaan lebih terarsip dengan rapi.

Dengan demikian, meskipun prototipe ini sudah layak secara konsep dan implementasi awal, pengembangan lebih lanjut diperlukan agar sistem dapat diaplikasikan pada lingkungan parkir nyata dengan jumlah kendaraan lebih banyak dan kondisi yang lebih kompleks.

Analisis pengujian fungsional

Pengujian menggunakan metode *blackbox* menunjukkan hasil valid pada tiga skenario utama:

- Sensor KY-024 berhasil mendeteksi medan magnet dan mengirimkan sinyal ke ESP32CAM.
- ESP32-CAM KY-024 berhasil mendeteksi medan magnet dan mengirimkan sinyal ke ESP32-CAM.
- Motor servo SG-90 merespons dengan benar, bergerak 90° setelah proses *upload* gambar selesai.

Hasil ini menegaskan bahwa setiap komponen inti dapat bekerja sesuai spesifikasi.

Analisis kecepatan deteksi dan upload

Pengujian dengan jaringan WiFi dan jaringan seluler menghasilkan perbedaan signifikan:

- a. WiFi: rata-rata deteksi 3,82 detik, *upload* 14,91 detik.
- b. Seluler: rata-rata deteksi 4,61 detik, *upload* 20,81 detik.

Artinya, performa sistem sangat dipengaruhi oleh kualitas jaringan. WiFi lebih stabil dan cepat dibanding seluler, dengan selisih *upload* rata-rata 6 detik lebih cepat.

Analisis akurasi pengenalan plat nomor

Dari 10 percobaan, akurasi pengenalan plat nomor tercatat 60%. Beberapa faktor yang memengaruhi tingkat akurasi adalah:

- a. Jarak dan intensitas cahaya: pencahayaan rendah mengurangi keterbacaan.
- b. Warna plat: plat hitam lebih sulit dikenali dibanding plat putih.
- c. Baut atau objek lain: dapat mengganggu segmentasi karakter.
- d. Tambahan informasi (masa berlaku plat): kadang terbaca sebagai bagian dari nomor.

Mekanisme validasi panjang karakter (4–13 karakter) cukup membantu mengurangi *error* pembacaan, meskipun masih ada kasus salah deteksi. Sebagai contoh, plat terbaca beserta tahun/bulan masa berlaku.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa prototipe sistem parkir otomatis berbasis IoT menggunakan algoritma YOLO v11 dan modul ESP32-CAM telah berhasil diimplementasikan dan berfungsi sesuai dengan rancangan. Sistem ini mampu mendeteksi kendaraan, mengambil gambar plat nomor, dan mengirimkannya ke *dashboard* monitoring secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan fungsionalitas komponen inti seperti sensor *Magnetic Hall Effect KY-024*, ESP32-CAM, dan motor servo SG-90 berjalan dengan valid. Kecepatan deteksi sistem dipengaruhi oleh kualitas jaringan, dengan rata-rata waktu 3,82 detik pada jaringan WiFi dan 4,61 detik pada jaringan seluler. Namun, akurasi pembacaan plat nomor baru mencapai 60%, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti intensitas cahaya, kondisi plat, dan objek yang mengganggu. Meskipun demikian, prototipe ini terbukti dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan parkir dibandingkan sistem manual.

REFERENSI

- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., and Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection* (Version 1). arXiv.
- Istiqlal, A., Zaen, M. T. A. Z., dan Pratama, W. W. (2023). Prototype Smart Parking Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Informatika Dan Elektro*, 5(2): 73–86.
- Kholisatul, N. (2025). *Smart Daily Pray Untuk Pembiasaan Doa Harian Pada Paud Insan Muda Mulia*. 6(2).
- Kholisatul 'Ulya, N., Nugraha Hernanjaya, A., dan Nugroho, S. (2021). Performansi Kualitas Jaringan Wireless Di Its Pku Muhammadiyah. *Jurnal Teknik Informatika dan Teknologi Informasi*, 1(2): 1–8.
- Mappellawa, A. A. T. (n.d.). *Prototipe Sistem Deteksi Pelat Kendaraan Otomatis Berbasis Yolo Dan Tesseract Ocr Untuk Stimulasi Buka- Tutup Parking Gate*.

- Riswanto, R., Hidayat, A., dan Yudha, I. D. (2025). Prototipe Smart Room Climate Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembapan Berbasis Arduino: Implementasi projek dalam pembelajaran digital. *Progressive Education Journal*. 1(1): 10–22.
- Sharma, A., Kumar, V., dan Longchamps, L. (2024). Comparative performance of YOLOv8, YOLOv9, YOLOv10, YOLOv11 and Faster R-CNN models for detection of multiple weed species. *Smart Agricultural Technology*. 9: 100648.
- Syah, I. A., Setiawan, H., Prasajo, I., dan Supriyadi, K. (2025). Prototipe Phototerapi Bayi Kuning Dengan Bluelight Berbasis Arduino. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*. 11(1). <https://e-jaei.jurnal.unej.ac.id/index.php/E-JAEI/article/view/50088>
- Yudistira, I. G. N., Kurniawan, A. H., dan Subagyo, H. (2022). Rancang Bangun Miniatur Smart Parking Gate Berbasis ESP8266. *PoliGrid*. 3(1): 1–11.
- Zanariyah, S. (2024). Teknik Observasi Yang Efektif Dan Efisien Pada Kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN). *Jurnal Pengabdian Multidisiplin*. 4(3).