Vol.01, No.1, Juni **2026**,
hal. 34 - 44

JOVIIM

e-ISSN : -
p-ISSN : -

Optimasi Sistem Palang Parkir Otomatis di Politeknik ATMI Surakarta dengan Implementasi YOLOv11 Berbasis Web

Albertus Windy Krisnawan[1], Domingo Uno Santoso[1], Yustina Tritularsih[1*], Ana Ningsih[1]
[1]Prodi Teknik Rekayasa Mekatronika, Politeknik ATMI, Surakarta, Jl. Adisucipto KM 9.5 Blulukan Colomadu Karanganyar 57174
*E-mail: yustina_tritularsih@atmi.ac.id (087835510005)

Abstrak

Sistem palang parkir otomatis memiliki peran krusial dalam mengontrol akses kendaraan demi menciptakan lingkungan yang lebih aman dan teratur. Penelitian ini berfokus pada optimalisasi sistem palang parkir di Politeknik ATMI Surakarta melalui implementasi YOLOv11 small, yang bertujuan meningkatkan ketepatan dalam mendeteksi plat nomor serta mempercepat respons sistem. Pengujian lapangan pada epoch ke-50 dengan confidence threshold 0,25 menunjukkan hasil maksimal dengan akurasi dan F1-score mencapai 100%. Rata-rata waktu deteksi berada dalam rentang 0,176 hingga 0,274 detik per gambar, dengan kinerja yang konsisten di berbagai kondisi pencahayaan. Sistem ini juga terhubung dengan aplikasi web berbasis Firebase untuk pengelolaan data kendaraan secara real-time, serta mampu mengoperasikan palang secara otomatis dan responsif. Berdasarkan umpan balik dari pengguna, sistem dinilai cepat, praktis, dan efektif dalam meningkatkan keamanan area parkir kampus.

Keywords: *YOLOv11; deteksi plat nomor; sistem parkir; Firebase; web-*

Abstrak

The automatic parking gate system plays a crucial role in controlling vehicle access to ensure a safer and more orderly environment. This study focuses on optimizing the parking gate system at Politeknik ATMI Surakarta by implementing YOLOv11 small, aiming to improve license plate detection accuracy and system response speed. Field tests conducted at the 50th epoch with a confidence threshold of 0.25 yielded optimal results, achieving 100% accuracy and F1-score. The average detection speed ranged from 0.176 to 0.274 seconds per image, with consistent performance under various lighting conditions. The system is also integrated with a web application based on Firebase for real-time vehicle data management and can automatically and responsively operate the gate barrier. User feedback indicates that the system is fast, practical, and effective in enhancing parking security within the campus environment.

Keywords: *YOLOv11*; *license plate detection*; *parking system*; *Firebase*; *web-based*

1. Pendahuluan

Fasilitas parkir memiliki peran vital dalam kelancaran berbagai aktivitas, khususnya di area kampus. Dengan semakin banyaknya orang yang menggunakan kendaraan pribadi, kebutuhan akan tempat parkir yang terorganisir dengan baik menjadi kebutuhan yang tidak bisa ditunda lagi. Ketika pengelolaan parkir tidak tertata dengan baik, berbagai masalah mulai bermunculan mulai dari kemacetan yang menjengkelkan, berkurangnya kenyamanan pengguna, hingga fenomena parkir liar di badan jalan yang justru memperparah kondisi lalu lintas. Kemacetan sendiri sering terjadi karena adanya hambatan-hambatan, keterlambatan, dan penumpukan kendaraan di titik-titik tertentu. Oleh karena itu, sangat penting untuk menyediakan area parkir yang tidak hanya cukup secara kuantitas, tetapi juga dikelola dengan sistem yang baik. Menghadapi keterbatasan infrastruktur parkir yang ada, pemanfaatan teknologi modern menjadi jawaban yang menjanjikan untuk menciptakan sistem parkir yang lebih efisien, aman, dan canggih. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas pengelolaan parkir secara keseluruhan, sehingga fasilitas yang ada dapat berfungsi maksimal dalam mendukung aktivitas sehari-hari, terutama di lokasi-lokasi dengan tingkat mobilitas tinggi seperti kampus atau pusat-pusat kegiatan. Untuk menciptakan sistem parkir yang ideal, diperlukan

standarisasi dalam pengelolaan dan penataan area parkir. Standarisasi ini bertujuan menciptakan keteraturan, efisiensi, dan kenyamanan bagi semua pengguna. Aspek-aspek yang perlu distandarisasi meliputi pengaturan zona parkir, penentuan kapasitas optimal, sistem pembayaran yang praktis, hingga pemanfaatan teknologi untuk monitoring dan pengelolaan parkir secara *real-time*. Tujuan utama dari penyelenggaraan parkir yang baik adalah mengurangi kemacetan, meningkatkan kemudahan akses, serta mendukung mobilitas kendaraan dan pejalan kaki secara optimal. Dengan pengelolaan yang tepat sasaran, fasilitas parkir dapat memberikan dampak positif terhadap kelancaran lalu lintas dan penataan ruang, baik di area perkotaan maupun kawasan kampus [1][2][3][4]**.**

Sistem parkir sebenarnya bukan hanya sekedar tempat untuk menyimpan kendaraan, tetapi juga memiliki dampak sosial dan ergonomis yang signifikan bagi pengguna dan petugas parkir. Dari sudut pandang sosial, pengelolaan parkir yang buruk dapat memicu konflik perebutan ruang, menimbulkan ketidaknyamanan, dan mengganggu keharmonisan lingkungan sekitar. Sementara dari aspek ergonomi, petugas parkir sering mengalami beban kerja fisik dan mental yang berat karena sistem yang tidak efisien atau kurangnya dukungan teknologi. Karena itu, diperlukan perancangan sistem parkir yang mengutamakan kenyamanan, efisiensi, dan keselamatan untuk semua pihak. Pendekatan yang mempertimbangkan aspek sosial ergonomi dapat menjadi solusi untuk menciptakan sistem parkir yang tidak hanya tertata rapi, tetapi juga humanis dan berkelanjutan [5] [6] [7] [8]**.** Implementasi konsep *Smart Campus*, *Intelligent Campus*, atau D*igital Campus* menjadi strategi penting dalam mengoptimalkan infrastruktur teknologi informasi melalui integrasi perangkat pintar berbasis *Internet of Things*. Salah satu penerapannya adalah sistem *Smart Parking*, yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik seperti kamera dan sensor untuk mengelola area parkir secara *real-time*. Sistem ini memungkinkan pengguna, khususnya civitas akademika, untuk dengan mudah menemukan tempat parkir kosong, mendapat notifikasi tentang ketersediaan slot, bahkan melakukan reservasi tempat parkir. Di sisi lain, keamanan kampus juga dapat ditingkatkan melalui teknologi digital seperti *barcode*, *RFID*, dan sistem otomatis lainnya yang menggantikan pengawasan manual yang memiliki keterbatasan fisik. Dengan menerapkan teknologi ini, efisiensi waktu, penghematan bahan bakar, serta kenyamanan dan keamanan lingkungan kampus dapat meningkat secara signifikan [9] [10] [11] [12]**.**

Berbagai penelitian terdahulu telah mengeksplorasi penerapan teknologi deteksi kendaraan berbasis YOLO. Salah satu penelitian [13] mengembangkan sistem pengenalan plat nomor menggunakan YOLOv5 dan *OCR Pytesseract* pada Jetson Nano, yang mampu mendeteksi plat nomor kendaraan penghuni dengan tingkat akurasi sempurna dan memungkinkan akses otomatis ke area perumahan. Penelitian lain [14] mengembangkan KVT-LPR, yaitu sistem deteksi jenis kendaraan dan plat nomor Korea berbasis YOLOv4, dengan memanfaatkan dataset gambar resolusi tinggi dari kondisi lalu lintas yang sesungguhnya. Sementara itu [15], ada juga penelitian yang membandingkan berbagai varian YOLOv11 seperti *Nano, Small,* dan *Medium* dalam mendeteksi ruang parkir kosong. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan YOLOv11 terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi manajemen parkir melalui deteksi kendaraan dan ketersediaan tempat parkir secara *real-time*. Sistem pengenalan plat nomor otomatis atau *Automatic Number Plate Recognition* memiliki peran krusial dalam sistem transportasi modern, termasuk dalam pengelolaan parkir berbasis teknologi. Di Indonesia, sistem ANPR menghadapi tantangan unik seperti kondisi cuaca yang beragam mulai dari terik, mendung, hingga hujan yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi deteksi [16]. Penelitian ini menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* dengan model YOLO untuk mendeteksi jenis kendaraan dan plat nomor. Model YOLOv7 dilatih menggunakan 7.400 *dataset* gambar kendaraan yang telah diberi label, melalui berbagai proses seperti augmentasi data, pengaturan fungsi loss dan optimizer, serta pelatihan menggunakan *platform Roboflow di*

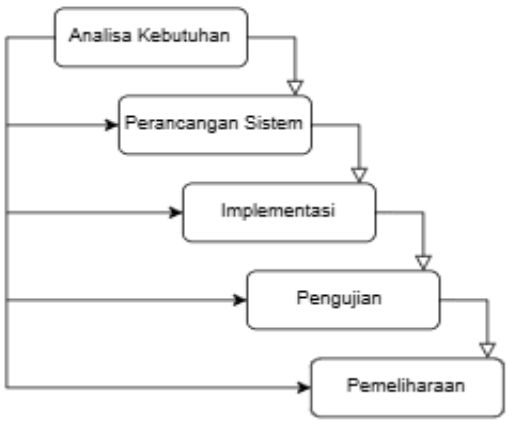
Google Colab [17]. Hasil dari sistem pengenalan objek ini mampu mendeteksi dan mengkonversi plat nomor menjadi teks yang disimpan dalam format CSV atau Excel, serta menampilkan hasilnya secara *real-time* melalui layar laptop atau Jetson Nano dengan dukungan deteksi teks dari Tesseract OCR [18].

Penghitungan objek secara otomatis dalam video memiliki peranan penting untuk mendukung keselamatan dan efisiensi di berbagai sektor industri. Dalam penelitian ini, digunakan metode yang efisien untuk menghitung objek berdasarkan model YOLOv11 yang telah disempurnakan dan teknik perataan data *Savitzky-Golay*. Data diambil dari rekaman video, kemudian objek dideteksi secara real-time menggunakan model tersebut, dan hasil koordinatnya diperhalus dengan teknik SG smoothing agar perhitungannya lebih akurat dan stabil [19]. Hasilnya terbukti efektif dalam mendeteksi dan menghitung objek dengan cepat. Selain itu, YOLO dikenal sebagai salah satu model deteksi paling andal yang juga telah digunakan secara luas dalam bidang lain, seperti deteksi tumor otak. Bahkan, model seperti YOLOv8 dan YOLOv11 menunjukkan performa yang sangat baik dalam klasifikasi citra medis karena mampu bekerja langsung dengan data yang bersih dan spesifik, tanpa terganggu oleh fitur-fitur yang tidak relevan seperti yang sering terjadi pada model umum [20].

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan dua fokus utama. Pertama, merancang sistem *frontend* berbasis web yang memudahkan pengguna dalam memantau dan mengelola parkir secara *real-time* dan terintegrasi. Kedua, meningkatkan model deteksi dari YOLOv5 ke YOLOv11 untuk memperoleh tingkat akurasi yang lebih tinggi dan kecepatan deteksi yang lebih baik. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem yang diusulkan dapat mendukung manajemen parkir yang lebih efektif, responsif, dan selaras dengan perkembangan teknologi terkini.

1. Metode dan Bahan

Pada metode penelitian ini mengadopsi tiga pendekatan metodologi yang saling melengkapi: model *waterfall,* eksperimen terkontrol, dan analisis studi kasus dengan orientasi data kualitatif. Implementasi model *waterfall* dipilih sebagai kerangka kerja utama dalam mengembangkan sistem *barrier* parkir otomatis, dimulai dari fase analisis kebutuhan sistem, tahap perancangan arsitektur, proses implementasi teknis, fase pengujian komprehensif, hingga evaluasi akhir performa sistem. Alur metodologi penelitian dapat diamati melalui diagram yang disajikan pada Gambar 1 berikut:



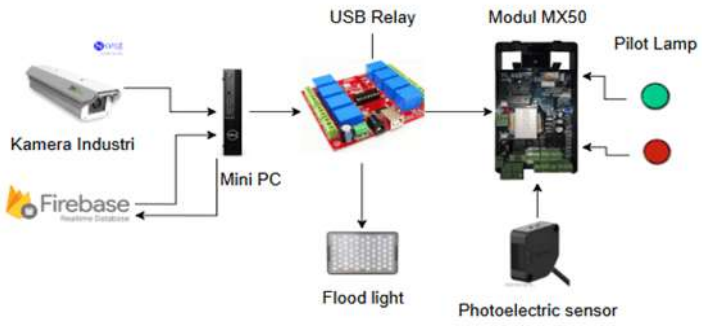
Gambar 1. Metode penelitian waterfall

Berdasarkan Gambar 1, rangkaian penelitian dimulai melalui identifikasi permasalahan yang dilakukan melalui tinjauan literatur mendalam terhadap berbagai riset sebelumnya mengenai sistem barrier otomatis, teknologi pengenalan plat kendaraan menggunakan arsitektur YOLO, serta

manajemen data berbasis *platform web*. Tinjauan pustaka ini bertujuan mengidentifikasi celah penelitian *(research gap)* terkait keterbatasan sistem yang sedang beroperasi di Politeknik ATMI Surakarta, khususnya dalam hal ketepatan deteksi, integrasi antar komponen sistem, dan pengelolaan *database* kendaraan. Temuan dari identifikasi masalah menjadi fondasi dalam merancang algoritma sistem, mencakup alur proses deteksi otomatis, manajemen data hasil pengenalan, dan desain interface pengguna yang intuitif. Dalam fase ini juga ditentukan spesifikasi kebutuhan sistem, baik komponen perangkat keras seperti sensor *proximity*, kamera industrial, dan unit kontrol, maupun perangkat lunak seperti YOLOV11 dan platform *Firebase* untuk penyimpanan data *cloud*. Pengembangan sistem dilaksanakan secara bertahap, dimulai dari pengumpulan *dataset* pengujian, proses *training* model AI *(Artificial Intelligance)*, hingga integrasi sistem dengan platform manajemen data berbasis web, yang keseluruhannya dirancang untuk mencapai performa yang optimal. Fase pengujian dilakukan dengan berbagai skenario operasional nyata, dan apabila hasil yang diperoleh belum memenuhi target yang ditetapkan, maka dilakukan revisi dan penyempurnaan sistem. Tahap akhir berupa evaluasi menyeluruh dan analisis kuantitatif terhadap data hasil pengujian untuk mengukur tingkat akurasi sistem, kecepatan respons, dan efektivitas manajemen data, serta melakukan komparasi antara sistem lama yang telah ada dengan sistem terbaru yang diimplementasikan. Data hasil pengujian selanjutnya diolah, diinterpretasikan secara mendalam, dan disajikan sebagai landasan untuk mendukung kesimpulan penelitian.

1.1 Perancangan sistem kelistrikan

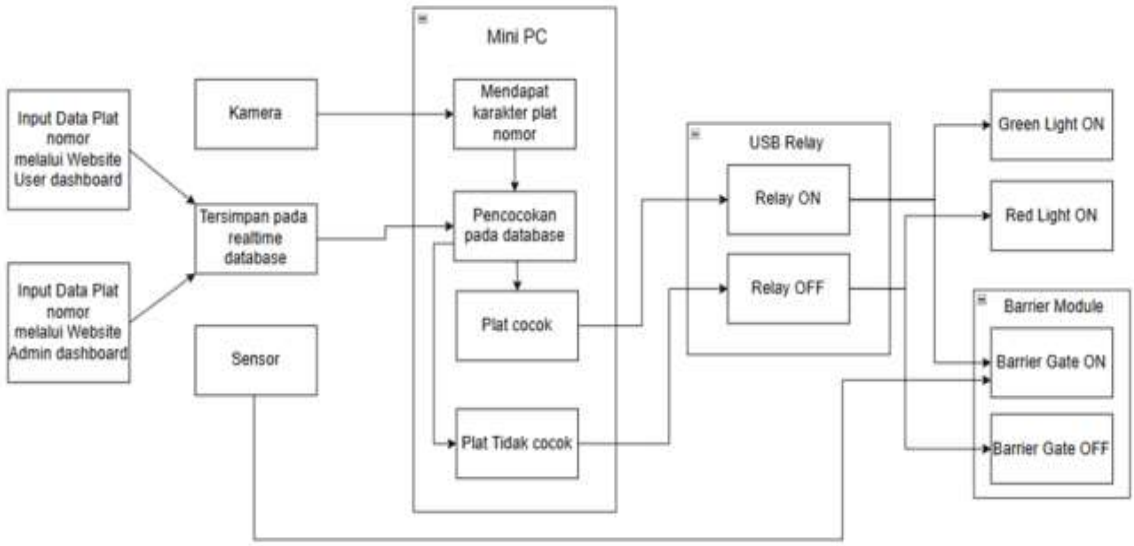
Setiap Fase penelitian diawali dengan merancang arsitektur sistem kelistrikan yang mendukung fungsi deteksi plat nomor dan kontrol *barrier* otomatis. Suplai daya utama bersumber dari listrik AC 220V yang didistribusikan ke berbagai komponen sesuai dengan spesifikasi kebutuhan masing-masing. Kamera industrial dan Mini PC memanfaatkan adaptor khusus untuk mengkonversi tegangan AC menjadi 12V DC, sementara sensor *photoelectric*, *relay*, dan sistem kontrol lainnya beroperasi pada tegangan rendah (5V–12V DC) melalui konverter yang terpisah. Modul MX50 dan *pilot lamp* menggunakan tegangan AC 220V karena didesain khusus untuk mengendalikan beban tinggi dan menghasilkan sinyal visual yang jelas dan terang. Untuk menjamin keselamatan operasional, jalur tegangan tinggi dipisahkan secara fisik dari jalur logika, serta dilengkapi dengan sistem pengaman seperti sekering dan kabel khusus bersertifikat. Mini PC berfungsi sebagai pusat kendali yang memproses hasil deteksi dari algoritma YOLOv11, kemudian memicu aktivasi *relay* untuk mengoperasikan modul MX50. Ketika plat nomor berhasil diidentifikasi dan diverifikasi, sistem akan membuka *barrier* dan mengaktifkan lampu indikator hijau. Sebaliknya, jika plat nomor tidak dapat dikenali atau tidak terdaftar, *barrier* akan tetap dalam posisi tertutup dan lampu merah akan menyala sebagai indikator penolakan. Perancangan arsitektur kelistrikan ini memastikan distribusi daya yang stabil dan aman, serta mendukung kinerja sistem secara *real-time* dalam lingkungan operasional yang dinamis.



Gambar 2. Rangkaian sistem

Interkoneksi antar komponen pada Gambar 2, kamera industrial bertugas mengambil gambar kendaraan dan mentransmisikannya ke Mini PC untuk diproses menggunakan algoritma YOLOv11. Pemilihan YOLOv11 didasarkan pada peningkatan signifikan dalam hal akurasi dan efisiensi deteksi dibandingkan dengan versi-versi sebelumnya seperti YOLOv5. YOLOv11 memiliki arsitektur model yang lebih ringan dan responsif dalam proses inferensi *real-time*, namun tetap mempertahankan tingkat presisi yang tinggi dalam mendeteksi objek berukuran kecil seperti plat nomor kendaraan. Keunggulan ini menjadikannya sangat cocok untuk implementasi sistem berbasis *edge computing* menggunakan Mini PC dengan sumber daya komputasi terbatas. Hasil deteksi berupa teks plat nomor akan dibandingkan dengan *database* yang tersimpan di *Firebase*. Jika terdapat kecocokan, Mini PC akan mengaktifkan relay USB untuk mengirimkan sinyal kontrol ke modul MX50.

Modul ini dipilih karena merupakan kontroler motor yang handal, kompatibel dengan sistem penggerak *barrier* otomatis, dan mampu menerima sinyal kontrol digital dari *relay* dengan responsif. Modul MX50 juga terintegrasi dengan pilot lamp, yaitu lampu indikator berwarna merah dan hijau yang berfungsi memberikan informasi visual status kendaraan kepada petugas keamanan atau pengguna sistem. Sementara itu, sensor *photoelectric* digunakan sebagai detektor keberadaan fisik kendaraan di area keluar parkir. Sensor ini dipilih karena dapat bekerja secara non-kontak dan memberikan respons yang cepat terhadap objek yang menghalangi jalur sensor. Sensor ini memberikan sinyal awal sehingga proses deteksi hanya akan dijalankan ketika kendaraan benar-benar berada pada posisi yang optimal. Lampu sorot tambahan juga akan diaktifkan secara otomatis jika kondisi pencahayaan terdeteksi kurang memadai, untuk membantu kamera menangkap gambar dengan kualitas yang optimal. Secara keseluruhan, pemilihan setiap komponen dilakukan berdasarkan kriteria efisiensi operasional, kemudahan integrasi sistem, dan akurasi dalam kondisi lapangan yang beragam. Kombinasi perangkat ini mendukung sistem untuk bekerja secara otomatis, responsif, dan terhubung ke *platform web management* secara *real-time*.



Gambar 3. Alur implementasi sistem deteksi

Diagram pada Gambar 3 menggambarkan alur implementasi sistem *barrier* otomatis berbasis teknologi deteksi plat nomor. Data plat nomor kendaraan terlebih dahulu harus didaftarkan melalui *interface website*, baik oleh pengguna akhir maupun administrator sistem, dan disimpan dalam *Firebase Realtime Database*. Ketika kendaraan mendekati area deteksi, *sensor proximity* akan mendeteksi keberadaan objek, dan kamera akan mengambil citra plat nomor untuk selanjutnya

diproses oleh Mini PC menggunakan algoritma YOLOv11. Mini PC akan mengekstraksi karakter-karakter dari plat nomor dan mencocokkannya dengan data yang tersimpan dalam *database cloud*. Jika data yang terdeteksi cocok dengan *database,* Mini PC akan mengaktifkan USB relay untuk membuka barrier melalui modul penggerak dan menyalakan lampu hijau sebagai indikator bahwa kendaraan diizinkan untuk masuk. Sebaliknya, jika data tidak cocok atau tidak ditemukan dalam *database, relay* akan tetap dalam kondisi mati, barrier tidak akan terbuka, dan lampu merah akan menyala sebagai indikator penolakan akses. Alur sistem ini dirancang untuk beroperasi secara otomatis, responsif, dan terhubung ke sistem database secara *real-time*, sehingga mendukung operasional sistem parkir berbasis kontrol elektronik dengan efisiensi yang tinggi.

1.2 Validasi dan pengujian sistem

Untuk memperoleh hasil deteksi yang komprehensif, pengujian dilakukan berdasarkan variasi waktu operasional: pagi, siang, sore, dan malam hari. Pengujian menggunakan hasil *training* YOLOv11 dengan parameter *epoch* 50 dan confidence threshold sebesar 0,25. Parameter tersebut diperoleh melalui serangkaian pengujian dengan variasi *epoch* 40, 50, dan 70, serta *confidence threshold* 0.25, 0.35, dan 0.75. Untuk memvalidasi bahwa kombinasi *epoch* 50 dan *confidence threshold* 0.25 menghasilkan presisi yang optimal, digunakan metode *confusion matrix* sebagai alat evaluasi. Untuk mengevaluasi performa akurasi sistem deteksi plat nomor, digunakan tiga metrik utama berdasarkan hasil klasifikasi sebagai berikut pada Tabel 1:

Tabel 1. Klasifikasi Matriks

	AKTUAL	
PREDIKSI	Positif	Negatif
	True Positif (TP)	*False Positif (FP)*
	False Negatif (FN)	*True Negatif (TN)*

Keterangan:

- ***True Positive (TP)***: Jumlah plat nomor yang berhasil dideteksi dengan benar oleh sistem (terdeteksi dan sesuai posisi serta label).
- ***False Negative (FN)***: Jumlah plat nomor yang ada dalam gambar tetapi gagal dideteksi oleh sistem.
- ***False Positive (FP)***: Jumlah objek yang salah dikenali sebagai plat nomor oleh sistem.
- ***True Negative (TN)***: Tidak digunakan dalam pengujian ini karena seluruh data merupakan gambar yang mengandung plat nomor tidak ada data kosong yang perlu diklasifikasikan sebagai bukan plat.

Strategi pemeliharaan ini sangat penting untuk memastikan sistem tetap berfungsi dengan optimal, akurat dalam proses deteksi plat nomor, serta mudah dioperasikan oleh administrator dan pengguna di lingkungan Politeknik ATMI Surakarta.

2. Hasil dan Pembahasan

Pengembangan palang pintu otomatis dengan menerapkan *YOLOv11* sebagai sistem deteksi dan aplikasi WEB sebagai pengelolaan data plat nomor kendaraan. Penggunaan sistem ini dirancang untuk mempercepat pembacaan plat nomor dan kemudahan pengguna untuk memasukan data kendaraan. Pembahasan hasil pada bab ini yaitu sistem deteksi dengan *YOLOv11* dan pengelolaan

data plat nomor berbasis WEB. Sistem deteksi dan WEB ini disusun berdasarkan tahapan yang terdapat dalam metode penelitian.

Model YOLOv11 yang digunakan pada penelitian ini dilatih menggunakan 2.754 gambar yang telah melalui proses anotasi dan augmentasi. Pelatihan dilakukan sebanyak 50 *epoch* dengan *confidence threshold* 0.25, menggunakan GPU Tesla T4, dan menghasilkan rata-rata mAP50 sebesar 86.2% dan mAP50–95 sebesar 59.0%. Hasil ini menunjukkan performa deteksi karakter plat nomor yang cukup memuaskan untuk implementasi sistem palang pintu otomatis. Karakter dengan performa terbaik adalah T, S, dan M dengan skor mAP50 di atas 96%, sedangkan karakter yang memiliki mAP50–95 terendah adalah I, L, dan X. Tingkat presisi dan recall rata-rata berada di atas 85%, dengan waktu inferensi rata-rata sekitar 5.2 ms per gambar.

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengevaluasi secara menyeluruh performa sistem deteksi objek yang dikembangkan menggunakan metode *YOLOv11 small*. Evaluasi dilakukan dengan memperhatikan berbagai aspek penting yang mencerminkan efektivitas dan efisiensi sistem dalam kondisi nyata. Aspek-aspek yang diuji meliputi: fungsi deteksi objek, kecepatan pembacaan, ketahanan terhadap variasi pencahayaan, serta akurasi dan kemudahan akses.

Tabel 2. Hasil Pengujian Deteksi Objek (Epoch 50, Confidence 0.25)

No	Jenis Kendaraan	Posisi Kamera	Plat Terdeteksi	Posisi Tepat	Confidence Score
1	Mobil	Depan Lurus	Tidak	Ya	-
2	Mobil	Miring 45°	Ya	Ya	0.72
3	Mobil	Atas 60°	Ya	Ya	0.63
4	Motor	Depan Lurus	Ya	Ya	0.69
5	Motor	Miring 45°	Ya	Ya	0.70
6	Motor	Atas 60°	Ya	Ya	0.66

Berdasarkan Tabel 2. hasil pengujian deteksi objek (*Epoch* 50, Confidence 0.25) berikut: Dapat diketahui bahwa sistem deteksi plat nomor kendaraan dengan model YOLOv11 berhasil mendeteksi 5 dari 6 objek uji pada berbagai posisi kamera. Hanya pada posisi kamera depan lurus

untuk mobil, plat tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa sudut pengambilan gambar sangat mempengaruhi kinerja sistem. Sementara itu, posisi miring 45° dan atas 60° untuk mobil serta semua sudut pada motor menunjukkan deteksi yang berhasil dengan confidence score berkisar 0.63–0.72, jauh di atas ambang batas 0.25. Hasil ini membuktikan bahwa model lebih stabil mendeteksi plat pada posisi miring dan atas, serta deteksi plat motor cenderung lebih konsisten karena objek plat tidak terhalang bodi kendaraan. Temuan ini menjadi dasar untuk perbaikan *dataset* agar dapat mengoptimalkan deteksi pada sudut depan lurus.

Tabel 3. Hasil Pengujian Deteksi Objek (Epoch 50, Confidence 0.25)

Waktu Uji	Rata-rata Confidence	Rata-rata Durasi (Detik)
Pagi	0.66	0.176
Siang	0.72	0.1885
Sore	0.67	0.1795
Malam	0.565	0.215

Berdasarkan Tabel 3 kecepatan pembacaan deteksi plat nomor (*Epoch* 50, Confidence 0.25) berikut: Dapat diketahui bahwa sistem mampu mendeteksi plat nomor kendaraan dengan waktu proses rata-rata di bawah 0.2 detik pada kondisi pencahayaan pagi, siang, dan sore. *Confidence* tertinggi dicapai pada siang hari (0.72) dengan durasi rata-rata 0.1885 detik, menunjukkan performa optimal pada kondisi cahaya terang. Sebaliknya, pada malam hari *confidence* menurun menjadi 0.565 dengan durasi terlama (0.215 detik) akibat keterbatasan pencahayaan alami. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tetap responsif pada berbagai kondisi, namun performa di malam hari masih dapat ditingkatkan dengan dukungan pencahayaan tambahan.

Tabel 4. Confusion Matrix Hasil Deteksi Plat Nomor (Epoch 50, Confidence 0.25)

Matrix	Perhitungan	Hasil
Accuracy	$\frac{(40+0)}{(40+0+0+0)}$	100%
Precision	$\frac{40}{(40+0)}$	100%
Recall	$\frac{40}{(40+0)}$	100%
F1-Score	$2\times\frac{1\times1}{1+1}$	100%

Berdasarkan Tabel 4 *Confusion Matrix* hasil deteksi Plat Nomor (*Epoch* 50, Confidence 0.25) berikut: Dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi plat nomor menunjukkan kinerja yang sempurna dengan nilai akurasi, presisi, recall, dan F1-Score masing-masing 100%. Hal ini berarti seluruh plat nomor yang seharusnya terdeteksi berhasil dibaca dengan benar, tanpa terjadi *false positive* maupun *false negative*. Hasil ini membuktikan bahwa model YOLOv11 pada parameter

pengujian ini memiliki kemampuan deteksi yang sangat akurat pada dataset uji yang digunakan. Namun demikian, evaluasi berkelanjutan dan penambahan variasi data tetap diperlukan agar hasil tetap konsisten di lapangan.

Tabel 5. Tabel hasil kuesioner secara keseluruhan dari responden

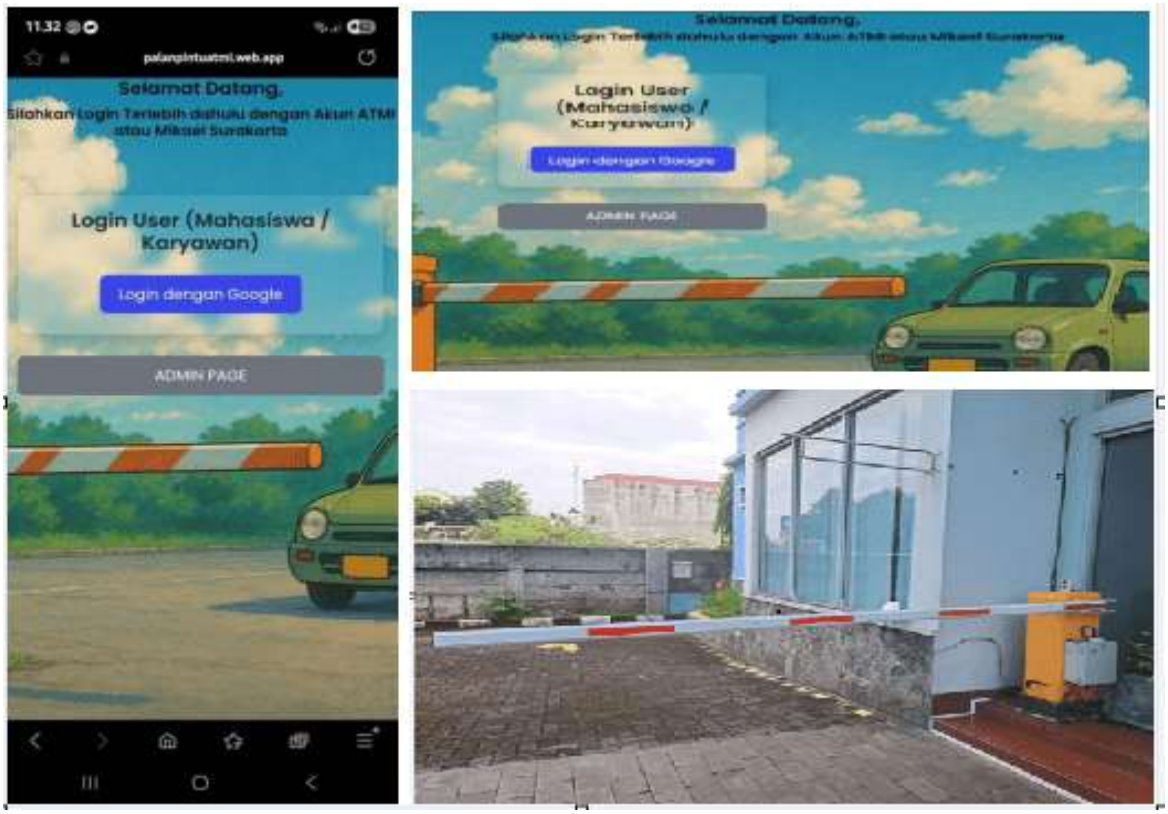
No.	Pertanyaan	Ringkasan Hasil
1	Bagaimana kecepatan palang pintu terbuka?	90% menjawab Cepat, 10% Sedang
2	Bagaimana Indicator Barrier gate dalam membantu pengguna?	100% menjawab Ya
3	Bagaimana ketepatan posisi palang parkir ini?	100% menjawab Sesuai
4	Bagaimana kemudahan akses website untuk pengelolaan data parkir?	80% Mudah, 20% Cukup
5	Bagaimana kemudahan akses login bagi pengguna/admin/security?	90% Mudah, 10% Cukup
6	Bagaimana kecepatan akses untuk web?	80% Cepat, 20% Sedang
7	Apakah informasi yang ada pada web mudah dipahami?	70% Mudah, 30% Cukup
8	Apakah penggunaan web mempermudah akses palang pintu di Politeknik ATMI Intercamp?	80% Mudah, 20% Cukup
9	Apakah penggunaan palang pintu/Barrier gate di Politeknik ATMI Surakarta efektif untuk diterapkan?	70% Efektif, 30% Cukup

Berdasarkan hasil kuesioner yang ditampilkan pada Tabel 5, secara umum responden memberikan tanggapan yang sangat positif terhadap sistem palang pintu otomatis dan *website* pengelolaan parkir yang digunakan. Sebanyak 90% responden menilai bahwa kecepatan palang pintu terbuka sudah tergolong cepat, sedangkan sisanya menilai kecepatannya sedang. Seluruh responden (100%) menyatakan bahwa indicator pada *barrier gate* sangat membantu dalam proses penggunaan sistem parkir. Ketepatan posisi palang juga dinilai sangat baik oleh semua responden dengan persentase 100% menyatakan posisi sudah sesuai.

Dari sisi akses sistem melalui website, mayoritas responden (80%) merasa bahwa akses ke situs pengelolaan data parkir mudah dilakukan, dan 20% menyatakan cukup mudah. Begitu pula dengan akses login bagi pengguna seperti admin atau petugas keamanan, di mana 90% responden merasa login mudah dilakukan dan 10% menilai cukup. Kecepatan akses ke website dinilai cepat oleh 80% responden, sedangkan sisanya menganggap kecepatannya masih tergolong sedang.

Informasi yang ditampilkan pada website dinilai mudah dipahami oleh 70% responden, dan 30% menyatakan cukup mudah dipahami. Penggunaan website untuk mengakses palang pintu di area Politeknik ATMI Intercamp juga dinilai bermanfaat, dengan 80% responden menyatakan mempermudah, dan 20% menyatakan cukup membantu. Terakhir, efektivitas penerapan sistem palang pintu otomatis di Politeknik ATMI Surakarta dinilai efektif oleh 70% responden, sementara 30% lainnya menyatakan cukup efektif.

Gambar 4 memperlihatkan secara keseluruhan dari perangkat yang telah dibuat dan dapat disimpulkan bahwa sistem palang pintu otomatis beserta website pendukungnya telah memberikan kemudahan, kejelasan, serta efektivitas yang baik dalam pengelolaan parkir, meskipun terdapat beberapa aspek seperti kecepatan akses dan kejelasan informasi pada web yang masih dapat ditingkatkan.



Gambar 4. Antar muka dan sistem palang pakir otomatis

3. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem palang parkir otomatis yang menggabungkan teknologi deteksi plat nomor YOLOv11 dengan platform web *Firebase*, dan telah diterapkan secara langsung di lingkungan Politeknik ATMI Surakarta. Sistem dapat membaca plat nomor kendaraan dengan ketelitian yang sangat baik.. Pada konfigurasi terbaik (*epoch* ke-50 dan *confidence* 0,25), diperoleh hasil sempurna untuk seluruh metrik evaluasi akurasi, presisi, recall, hingga *F1-score* dan waktu deteksi yang sangat cepat, yaitu rata-rata di bawah 0,2 detik dalam berbagai kondisi pencahayaan.

Integrasi dengan platform web *Firebase* juga mempermudah pengelolaan data kendaraan secara real-time, serta memberikan akses yang cepat dan efisien bagi pengguna maupun petugas keamanan. Berdasarkan hasil kuesioner, pengguna memberikan respons yang sangat positif terhadap kecepatan, kemudahan penggunaan, dan kepraktisan sistem ini. Namun, masih ada beberapa tantangan teknis yang perlu diperhatikan, terutama dalam hal pendeteksian plat nomor dari sudut kamera lurus depan. Masalah ini bisa diatasi dengan menambah variasi dataset atau mengatur ulang posisi kamera agar lebih optimal. Kedepan, sistem ini sangat berpeluang untuk terus dikembangkan, misalnya dengan menambahkan fitur reservasi parkir, pemantauan melalui perangkat mobile, atau integrasi dengan sistem keamanan kampus agar penggunaannya semakin luas dan efisien.

Acknowledgement

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen pembimbing di Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta yang telah memberikan arahan, dukungan, dan masukan yang sangat berharga selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada tim teknis laboratorium dan pihak manajemen kampus atas izin dan bantuan fasilitas yang diberikan selama proses implementasi dan pengujian sistem. Tidak lupa, penulis mengapresiasi seluruh responden yang telah meluangkan waktu untuk memberikan *feedback* melalui kuesioner, yang sangat membantu dalam proses evaluasi sistem. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan teknologi parkir otomatis di lingkungan kampus dan di tempat lainnya.

Daftar Pustaka

1. L. S. Tatura, “Analisis penataan ruang parkir Pasar Central Kota Gorontalo,” *Jurnal Fakultas Teknik Universitas Gorontalo*, pp. 1–20, 2011.
2. Sulistiani and A. Munawar, “Analisis fasilitas parkir dan aksesibilitas,” vol. 1, no. 2, pp. 71–81, 2018.
3. N. Supriatna, “Kajian proses manuver parkir di badan jalan di Kota Bandung,” vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2008.
4. F. A. T. Tangabali, F. Apriani, and S. Rande, “Pengelolaan dan penataan parkir di tepi jalan umum oleh juru parkir resmi di Kota Samarinda,” vol. 7, pp. 9109–9120, 2019.
5. S. Isminingtias, “Dampak penataan parkir badan jalan terhadap estetika kota di kawasan niaga Kota Surabaya,” vol. 5, 2017.
6. W. Wira, B. Arianto, O. Adhayanto, and A. Husna, “Di Kota Tanjungpinang,” vol. 3, no. 3, pp. 229–236, 2024.
7. B. Suhardi and P. W. Laksono, “Desain pola parkir sepeda motor dengan,” vol. 16, no. 1, pp. 36–43, 2017.
8. S. A. Irawan, S. Nurdiyana, Y. A. Ramadhani, D. Tania, S. Azzahra, and B. Chancard, “Re-design sistem berbasis Internet of Things melalui pendekatan,” vol. 01002, pp. 1–10, 2024.
9. R. R. Erpa, W. W., and I. L. Rimra, “Sistem parkir pintar (menuju smart campus dengan Internet of Things),” *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, vol. 14, no. 1, p. 66, 2018, doi: 10.30630/jipr.14.1.112.
10. A. A. P. Putra and I. P. Satwika, “Smart parking dalam menunjang implementasi smart city di Kota Denpasar,” *Smart Techno (Smart Technology, Informatics and Technopreneurship)*, vol. 4, no. 2, pp. 56–60, 2022, doi: 10.59356/smart-techno.v4i2.58.
11. A. Kadirun and Hasanuddin, “Penerapan sistem stop sign pada pertigaan jalan berbasis sensor photoelectric studi kasus pada PT. Chevron Pacific Indonesia,” *Jurnal Fasilkom*, vol. 5, no. 2, pp. 1–9, 2016.
12. R. Darmawan, A. Taqwa, and J. Endri, “Rancang bangun palang otomatis dengan pengenalan plat kendaraan menggunakan OpenALPR,” *Jurnal Fokus Elektroda*, vol. 5, no. 4, p. 36, 2020, doi: 10.33772/jfe.v5i4.13838.
13. M. R. Rais, F. Utaminingrum, and H. Fitriyah, “Sistem pengenalan plat nomor kendaraan untuk akses perumahan menggunakan YOLOv5 dan Pytesseract berbasis Jetson Nano,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 681–685, 2023.
14. S. H. Park, S. B. Yu, J. A. Kim, and H. Yoon, “An all-in-one vehicle type and license plate recognition system using YOLOv4,” *Sensors*, vol. 22, no. 3, pp. 1–18, 2022, doi: 10.3390/s22030921.
15. D. Waskito, D. F. Syarifah, and R. A. Aprilianto, “Comparison of the use of YOLOv11 variations in the empty parking spaces detection system,” vol. 23, no. 1, pp. 1–10, 2025.
16. G. S. Susilo and D. U. Putri, “Deteksi objek dan pengenalan karakter plat nomor kendaraan dengan metode deep learning,” vol. 2, pp. 1–13, 2023, doi: 10.22146/ijeis.xxxx.
17. S. G. Zain and A. S. Ardilla, “Detection of vehicle type and license plate with convolutional neural network model YOLOv7,” vol. 5, no. 2, pp. 621–636, 2024.
18. Suhartono, S. G. Zain, and Sugiawan, “Sistem object recognition plat nomor kendaraan untuk sistem parkir bandara,” vol. 3, pp. 127–134, Nov. 2022.
19. C. Cheng, X. Cheng, D. Li, and J. Zhang, “Drill pipe detection and counting based on improved YOLOv11,” pp. 1–14, 2025.
20. A. M. Taha, S. A. Aly, M. F. Darwish, and D. Science, “Detecting glioma, meningioma, and pituitary tumors, and normal brain tissues based on YOLOv11 and YOLOv8 deep learning models.”