



Pengembangan Sistem Keamanan Portal Otomatis Cerdas melalui Identifikasi Pelat Nomor Kendaraan Berbasis OCR di Halim Perdana Kusuma

Rizky Irawan¹, Ir. Sumpena, S.T., M.T.²

¹Rizky Irawan., Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Indonesia

²Ir. Sumpena, S.T., M.T., Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma, Indonesia

Email : risky.iro9@gmail.com

Received 28 Agustus 2025 | Revised 10 September 2025 | Accepted 29 September 2025

Abstract

Security at military installations like Halim Perdana Kusuma still relies on manual surveillance, which lacks efficiency and accuracy. This study developed an automated gate system using license plate recognition with OCR to enhance security and efficiency. The R&D method with a waterfall model covered analysis, design, implementation, and testing. The system uses a webcam, YOLOv8, OCR, and an Arduino Nano as the gate controller. Testing with 1,500 images achieved 93% detection accuracy, 84.9% OCR accuracy, and a 92.9% success rate, with a response time under 5 seconds and 98.3% reliability. The system effectively improves efficiency and reduces reliance on manual guards.

Keywords: infrared, Raspberry Pi 4, Support Vector Machine (SVM)

Abstrak.

Keamanan di instalasi militer seperti Satuan Halim Perdana Kusuma masih bergantung pada pengawasan manual yang kurang efisien dan akurat. Penelitian ini mengembangkan sistem portal otomatis berbasis pengenalan pelat nomor kendaraan menggunakan OCR untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi. Metode yang digunakan adalah R&D dengan model waterfall yang mencakup analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian. Sistem menggunakan webcam, YOLOv8, OCR, dan Arduino Nano sebagai pengendali portal. Hasil pengujian terhadap 1.500 gambar menunjukkan akurasi deteksi 93%, akurasi OCR 84,9%, dan success rate 92,9%, dengan waktu respon di bawah 5 detik dan keandalan 98,3%. Sistem ini terbukti meningkatkan efisiensi dan mengurangi ketergantungan pada penjagaan manual.

Kata Kunci: inframerah, Raspberry Pi 4, Support Vector Machine (SVM)

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

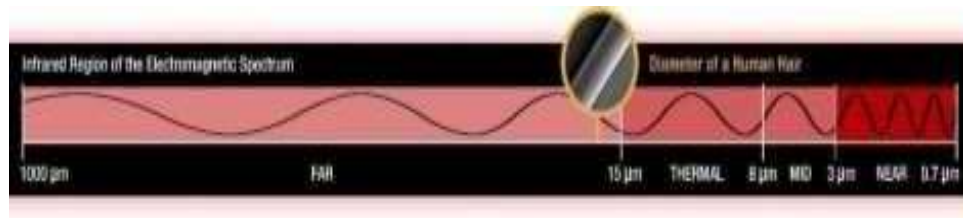
Keamanan pada instalasi militer strategis merupakan hal yang fundamental dalam sistem pertahanan. Objek vital ini menuntut sistem pengawasan dan kontrol aksi yang andal dan mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi. Salah satunya pada Satuan Halim Perdana Kusuma (Halim Perdana Kusuma). Halim Perdana Kusuma merupakan lokasi strategis yang berfungsi sebagai basis operasional alutsista radar TNI Angkatan Udara dalam sistem pertahanan udara nasional Indonesia [1]. Saat ini, pengamanan di area ini masih mengandalkan metode penjagaan konvensional, dimana petugas jaga bertugas mengawasi akses keluar-masuk kendaraan melalui pintu gerbang dan portal utama secara manual. Sistem pengamanan tradisional ini belum dilengkapi dengan teknologi pelacakan aktivitas kendaraan yang dapat merekam, mengidentifikasi, dan memverifikasi kendaraan yang memasuki area instalasi militer secara otomatis. Keterbatasan ini menyebabkan potensi kelemahan dalam aspek pengawasan dan keamanan area vital yang seharusnya mendapatkan perlindungan optimal.

Menjawab tantangan tersebut, sistem portal otomatis untuk Satuan Halim Perdana Kusuma merupakan kebutuhan yang mendesak dalam upaya peningkatan sistem keamanan di lingkungan instalasi militer strategis [2]. Dengan kemampuan mengidentifikasi kendaraan secara cepat dan akurat melalui teknologi pengenalan pelat nomor [3]. Sistem ini dapat secara signifikan meningkatkan tingkat keamanan akses dan menghasilkan pencatatan yang lebih presisi dibandingkan metode konvensional. Implementasi teknologi ini juga akan mengoptimalkan efisiensi waktu dan tenaga dengan mengurangi ketergantungan pada petugas jaga dalam proses verifikasi manual, memungkinkan mereka untuk fokus pada aspek keamanan lain yang lebih kompleks. Sistem keamanan terpadu ini akan menjadi solusi komprehensif untuk mengatasi celah keamanan potensial dan menghadirkan lapisan perlindungan tambahan untuk aset pertahanan negara yang berharga.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem portal otomatis berbasis teknologi pengenalan pelat nomor kendaraan di lingkungan Satuan Halim Perdana Kusuma. Sistem yang dirancang mengintegrasikan beberapa komponen utama, yaitu kamera pengawas sebagai perangkat akuisisi citra, teknologi *Optical Character Recognition* (OCR) untuk mengekstrak dan mengidentifikasi informasi alfanumerik pada pelat kendaraan [4], serta aktuator yang mengendalikan mekanisme portal secara otomatis. Dengan pendekatan terintegrasi ini, sistem dapat melakukan verifikasi identitas kendaraan secara *real-time*, membandingkannya dengan *database* kendaraan resmi, dan memberikan akses masuk atau keluar hanya kepada kendaraan yang terotorisasi. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memperkuat pengamanan aset pertahanan udara nasional sekaligus meningkatkan efisiensi operasional di instalasi militer.

II. LANDASAN TEORI :

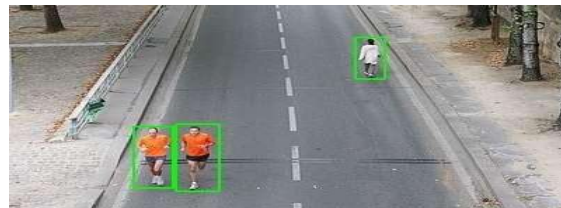
Inframerah adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang antara 700 nm dan 1 mm, lebih panjang dari cahaya tampak tetapi lebih pendek dari gelombang radio. Inframerah tidak terlihat oleh manusia dan tidak bisa menembus materi yang tidak tembus pandang.



Ada tiga jenis inframerah berdasarkan panjang gelombangnya: dekat (0,75–1,5 μm), menengah (1,5–10 μm), dan jauh (10–100 μm). Inframerah dapat digunakan untuk mengirimkan data nirkabel, seperti pada remote control AC, di mana sinyal inframerah mengirimkan perintah ke unit AC.

Kamera digital menangkap gambar atau video menggunakan sensor digital dan menyimpannya sebagai citra digital. Ia berfungsi seperti mata manusia dengan lensa, kendali eksposur, dan sensor. Kamera digital sering digunakan dalam pengolahan citra digital untuk memproses gambar baik setelah penyimpanan maupun saat pengambilan gambar, termasuk pengendalian eksposur, warna, dan pemrosesan visi komputer (*Computer Vision*).

Pendeteksi Keberadaan Manusia (*Human Presence Detection*) dengan Visi Komputer (*Computer Vision*)



Pendeteksi keberadaan manusia yang dulunya dilakukan secara manual kini bisa dilakukan otomatis dengan visi komputer (*Computer Vision/CV*). CV mencakup pengambilan, pemrosesan, analisis dan pemahaman citra untuk mengambil keputusan. Salah satu teknik yang digunakan adalah HOG-SVM (*Histogram of Gradients–Support Vector Machine*) yang mengolah histogram dari citra untuk mendeteksi manusia secara otomatis.

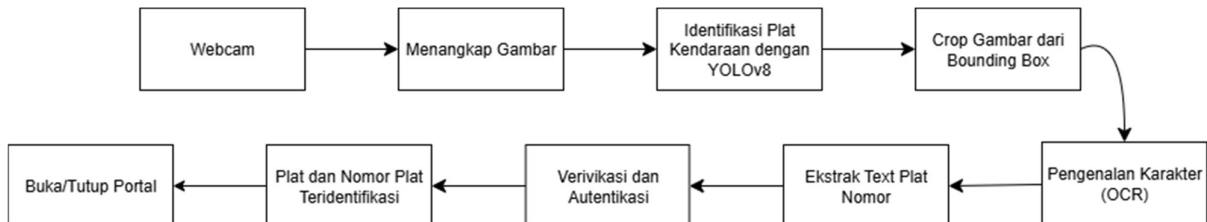
Dalam proses pendeteksian ada beberapa tahapan diantaranya :

1. Penangkapan citra (*image capturing*) : mengambil gambar atau video menggunakan kamera atau sensor untuk dianalisis lebih lanjut.
2. Pencuplikan citra (*image sampling*) : mengubah citra kontinu menjadi format digital dengan memilih titik-titik data pada citra untuk representasi.
3. Pengkuantisasian citra (*image quantization*): mengonversi nilai intensitas piksel dalam citra menjadi nilai-nilai diskret yang dapat diproses, mengurangi jumlah bit yang diperlukan untuk setiap piksel.
4. Pembuatan histogram : membuat grafik distribusi frekuensi nilai intensitas piksel dalam citra untuk analisis lebih lanjut.
5. Pengolahan histogram : mengolah histogram untuk meningkatkan kualitas citra, seperti penyesuaian kontras atau pencahayaan.
6. Pengambilan keputusan (*decision making*) : menggunakan hasil analisis untuk membuat keputusan atau mengambil tindakan, seperti mendeteksi dan mengidentifikasi objek dalam citra

Python adalah bahasa pemrograman umum yang diluncurkan pada 1991 oleh Guido van Rossum, terkenal dengan pustaka untuk kecerdasan buatan, termasuk visi komputer. Pustaka untuk visi komputer di *Python* adalah *OpenCV (Open Source Computer Vision Library)*, yang menyediakan lebih dari 2.500 algoritma, termasuk HOG-SVM untuk pendeteksian manusia.

III. HASIL PEMBAHASAN :

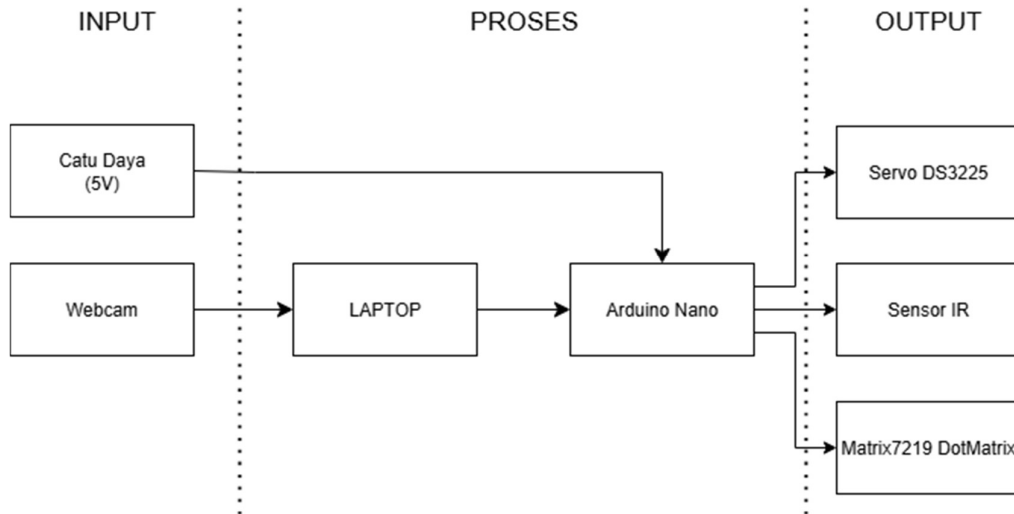
Perancangan sistem portal otomatis berbasis pengenalan pelat nomor kendaraan menggunakan pendekatan sistem terintegrasi yang menggabungkan komponen *hardware* dan *software* dalam satu kesatuan yang saling berinteraksi. Sistem dirancang untuk dapat beroperasi secara otomatis dalam mendeteksi, mengidentifikasi, dan memverifikasi kendaraan yang akan memasuki area Satuan Halim Perdana Kusuma. Gambar 1 menunjukkan blok diagram sistem mulai dari ketika webcam mengambil gambar pelat kendaraan, proses pengenalan pelat dengan metode OCR, verifikasi hingga buka/tutup portal.



3.1. Arsitektur Sistem Keseluruhan

Arsitektur sistem, ditunjukkan pada Gambar 2, terdiri dari tiga layer utama yaitu, layer akuisisi data (webcam untuk penangkapan gambar), layer pemrosesan (laptop dengan

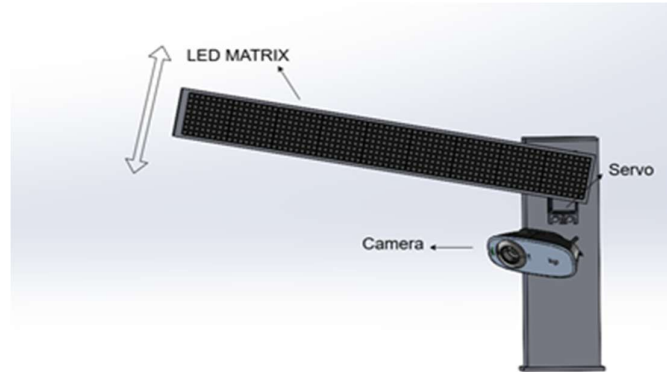
algoritma YOLO dan OCR), dan layer kontrol (arduino nano untuk menggerakkan aktuator dan sensor). Setiap layer memiliki fungsi spesifik tetapi saling terhubung melalui protokol komunikasi yang telah ditentukan. Dengan mengintegrasikan Dot Matrix MAX7219 dalam sistem portal otomatis, informasi dapat disampaikan secara visual dan *real-time*, menjadikan sistem lebih interaktif, dan informatif [5].



3.2. Rancang Bangun sistem Keamanan Portal Otomatis

Prototipe dirancang dalam skala miniatur tetapi tetap merepresentasikan fungsi sistem sesungguhnya. Portal menggunakan mekanisme palang yang digerakkan oleh *servo* motor, dengan kamera *webcam* diposisikan pada sudut optimal untuk menangkap gambar pelat kendaraan. Sensor IR ditempatkan sebelum area deteksi untuk memicu aktivasi sistem secara otomatis ketika kendaraan mendekat. Sensor IR dipilih karena mendeteksi objek buram maupun tembus cahaya, serta memiliki diameter 17 mm, panjang sensor 45 mm, dan panjang kabel 45 mm[6]. Portal digerakkan menggunakan servo dengan spesifikasi teknis mencakup ukuran 40×20×40,5 mm, berat 60 gram, tegangan operasi antara 4,8–6,8 V, torsi stall sebesar 24,5 kg/cm pada 5 V dan 28 kg/cm pada 6,8 V, kecepatan rotasi 0,15 detik/60° pada 5 V dan 0,13 detik/60° pada 6,8 V[7].

Perancangan sistem ini mempertimbangkan aspek modularitas, sehingga setiap komponen dapat dikembangkan dan diuji secara terpisah sebelum diintegrasikan. Pendekatan ini memungkinkan *troubleshooting* yang lebih efektif dan memudahkan proses pemeliharaan sistem di masa mendatang.



3.3. Pengumpulan dan Preprocessing Dataset

Penelitian ini menggunakan *dataset* khusus yang dikumpulkan dari lingkungan Satuan Halim Perdana Kusuma untuk memastikan sistem dapat beradaptasi dengan karakteristik spesifik pelat nomor dinas dan kondisi lingkungan setempat. Setiap gambar dalam dataset dianotasi secara manual menggunakan fitur anotasi khusus untuk *computer vision*. Proses anotasi meliputi :

- Deteksi Objek (YOLO): Pembuatan *bounding box* yang menandai lokasi pelat nomor dalam gambar. Format anotasi menggunakan koordinat normalisasi (x_center , y_center , $width$, $height$). Setiap *bounding box* dilabeli dengan *class* "license_plate".
- *Ground Truth* OCR: Pencatatan teks aktual dari setiap pelat nomor sebagai referensi. Format standar penulisan pelat nomor dinas TNI AU. Verifikasi akurasi teks melalui *cross-checking* dengan data resmi.

3.4. Model Deteksi dengan YOLOv8

YOLOv8 adalah iterasi terbaru dari keluarga algoritma YOLO yang dikembangkan oleh Ultralytics[8]. Implementasi model YOLOv8 dilakukan menggunakan *framework deep learning* dengan konfigurasi yang telah dioptimasi untuk deteksi pelat nomor. Proses *training* model menggunakan *dataset* yang telah dipersiapkan dengan parameter yang ditunjukkan pada tabel 1.

Parameter	Nilai
<i>Input resolution</i>	640x640 piksel
<i>Batch size</i>	16 untuk efisiensi memori
<i>Learning rate</i>	0.001 dengan <i>decay schedule</i>
<i>Epochs</i>	300 dengan <i>early stopping</i>
<i>Optimizer</i>	Adam dengan momentum 0.9
<i>Loss function</i>	YOLOv8 <i>loss</i> (<i>objectness</i> , <i>classification</i> , dan <i>regression</i>)

3.5. Konfigurasi Sistem OCR

Implementasi OCR dalam penelitian ini dapat menggunakan pustaka seperti Tesseract OCR yang mendukung pembacaan karakter dari gambar berformat .bmp atau .jpeg melalui tahapan segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi berbasis *machine learning*[10]. Sistem OCR diimplementasikan dengan konfigurasi khusus untuk pengenalan karakter pelat nomor Indonesia. *Preprocessingimage* dilakukan sebelum proses OCR untuk meningkatkan akurasi pembacaan.

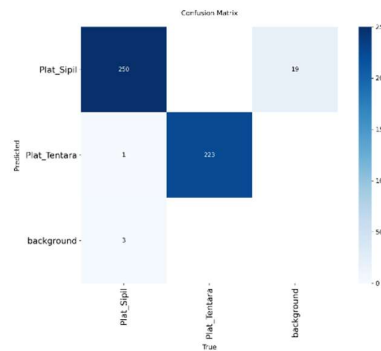
Pipeline OCR terdiri dari beberapa tahap, diawali dengan *imageenhancement* menggunakan histogram *equalization* dan *noisereduction*. Kemudian *binarization* atau tahap konversi ke citra biner menggunakan *adaptive thresholding*. Dilanjutkan dengan pemisahan karakter individual (*character segmentation*). Tahap ketiga yaitu *textrecognition*, ekstraksi teks menggunakan Tesseract dengan *custom configuration*. Konfigurasi yang digunakan ditunjukkan oleh Tabel 2. Tahap akhir yaitu *post-processing*, berupa validasi format pelat nomor dan koreksi kesalahan umum.

HASIL DAN DISKUSI :

Pelatihan model YOLOv8 untuk deteksi plat nomor kendaraan menggunakan dataset yang dikumpulkan khusus dari lingkungan Satuan Halim Perdana Kusuma. Dataset terdiri dari gambar plat nomor kendaraan dinas TNI AU dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan. Total dataset yang digunakan adalah 3.822 gambar pelat nomor kendaraan, dimana 85% dari dataset tersebut digunakan sebagai data *training*, 15% sisanya digunakan sebagai data *validation*. Performansi dari model diuji menggunakan confusion matrix untuk mengetahui akurasi, presisi, dan *recall* dari model. Selain itu dilakukan pula dua tahap pengujian berupa pengujian sistem parsial dan pengujian sistem terintegrasi.

3.6. Hasil Pelatihan Model

Proses pelatihan menunjukkan konvergensi yang baik dengan penurunan *loss function* secara konsisten hingga *epoch* ke-75. *Early stopping mechanism* diaktivasi pada *epoch* ke-100 ketika *validation loss* mulai mengalami *overfitting*. Evaluasi model pada testing set menghasilkan *confusion matrix* dengan metrik ditunjukkan pada Gambar.



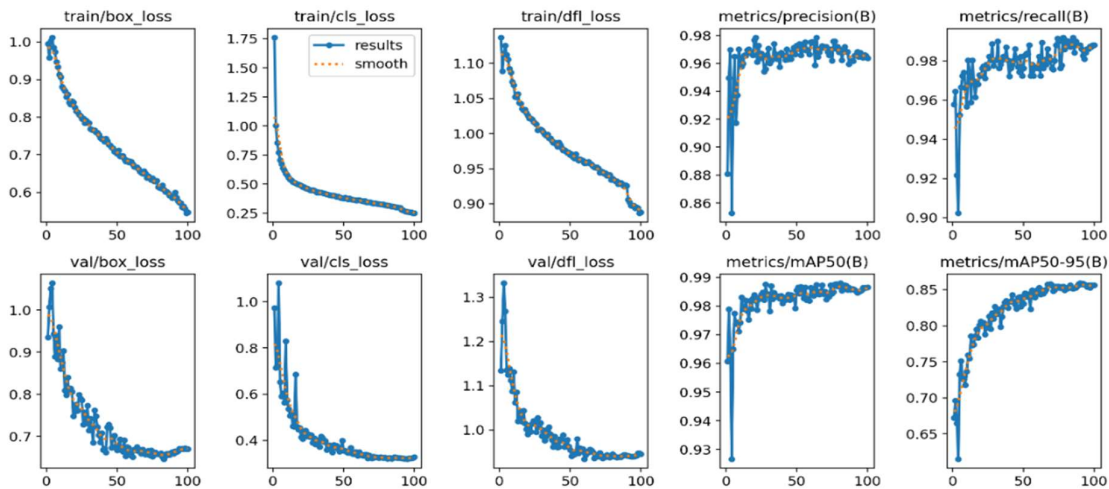
Gambar selanjutnya menyajikan rangkaian kurva evaluasi hasil pelatihan model YOLOv8 selama 100 epoch, yang terdiri dari metrik loss dan kinerja evaluasi

baik pada data pelatihan (*training*) maupun validasi (*validation*). Grafik-grafik ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai stabilitas dan efektivitas proses pembelajaran model, serta kemampuan generalisasi terhadap data yang tidak dilibatkan dalam pelatihan. Secara umum, seluruh nilai loss pada data pelatihan mengalami penurunan secara konsisten seiring bertambahnya epoch.

Selanjutnya, metrik evaluasi *precision*(B) dan *recall*(B) juga menunjukkan peningkatan yang positif. Precision meningkat dari sekitar 92% menjadi 97%, sementara recall meningkat dari 94.5% menjadi sekitar 98.5%, menunjukkan bahwa model semakin jarang melakukan kesalahan prediksi (*false positive*) dan kehilangan objek penting (*false negative*) seiring proses pelatihan.

Metrik evaluasi utama lainnya adalah *metrics/mAP50*(B) dan *metrics/mAP50-95*(B), yang masing-masing mengukur akurasi model terhadap prediksi *bounding box* dengan ambang batas IoU (*Intersection over Union*) sebesar 0.5, serta rentang IoU dari 0.96 hingga 0.98. Nilai akhir *mAP@50* mencapai ~ 0.987 , dan *mAP@50-95* sebesar ~ 0.85 . Nilai *mAP* yang tinggi tersebut mencerminkan bahwa model tidak hanya mampu mendeteksi dan mengklasifikasi objek dengan baik pada toleransi tinggi (IoU rendah), tetapi juga menunjukkan presisi yang tinggi pada toleransi kesalahan yang sangat ketat (IoU tinggi).

Secara keseluruhan, hasil pelatihan model YOLOv8 yang ditunjukkan pada grafik ini menunjukkan performa yang sangat baik. Tren penurunan *loss* yang stabil pada data pelatihan dan validasi menunjukkan bahwa model mengalami konvergensi yang baik. Peningkatan metrik evaluasi seperti *precision*, *recall*, dan *mAP* menunjukkan bahwa model mampu belajar fitur penting dari data dengan baik dan mampu melakukan deteksi objek secara akurat dan efisien. Tidak terdapat indikasi *overfitting* yang signifikan karena nilai metrik pada data validasi tetap sejalan dengan data pelatihan. Dengan akurasi keseluruhan sebesar $\sim 95.36\%$, model ini dapat ditingkatkan terutama dalam membedakan kasus ambiguitas antara pelat kendaraan yang berbeda dan objek latar belakang. Dari hasil pelatihan menunjukkan model YOLOv8 berhasil mencapai akurasi deteksi yang tinggi dengan kecepatan *inference* yang memadai untuk aplikasi *real-time*.



3.7. Pengujian Sistem Parsial

Pengujian sistem parsial merupakan pengujian setiap bagian dari sistem untuk mengetahui akurasi sensor dan memastikan setiap bagian dari sistem berjalan

sesuai rencana. Sistem pengujian parsial meliputi pengujian sistem kamera, pengujian deteksi objek, pengujian servo motor, pengujian sensor infrared, dan pengujian display LED matrix. Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut.

Response time performance menunjukkan sistem mencapai *excellent performance* dalam hal kecepatan respons dengan rata-rata 1.5 detik, jauh di bawah target *requirement* 5 detik. *Breakdown response time* ditunjukkan pada tabel.

Parameter	Hasil
<i>Image capture</i>	33ms
<i>YOLO detection</i>	200ms
<i>OCR processing</i>	150ms
<i>Database verification</i>	50ms
<i>Serial communication</i>	75ms
<i>Servo movement</i>	1000ms

Komponen *servo movement* menjadi *bottleneck* utama, namun masih dalam batas yang *acceptable* untuk aplikasi praktis. Reliabilitas hardware semua komponen *hardware* menunjukkan reliabilitas yang baik dengan *error rate* minimal ditunjukkan pada tabel.

Komponen	Hasil
<i>Sensor IR</i>	98.5% reliability
<i>Servo motor</i>	99.2% consistency over 500 cycles
<i>LED matrix</i>	100% operational
<i>Serial communication</i>	<1% packet loss

3.8. Pengujian Sistem Terintegrasi

Pengujian sistem terintegrasi dilakukan untuk mengetahui akurasi dan keberhasilan sistem dalam mendeteksi pelat nomor kendaraan dan membuka portal berdasarkan database yang dimiliki. Pengujian sistem terintegrasi terbagi menjadi dua, yaitu pengujian sistem di *workshop* dan pengujian sistem di lapangan.

3.8.1. Pengujian di Workshop

Pengujian sistem terintegrasi dilakukan di Laboratorium dengan kondisi pencahayaan yang terkontrol menggunakan pelat nomor replika ukuran 36cm x 12cm, skala 1:1 dengan pelat nomor asli. Jarak antara kamera dengan pelat nomor dibuat bervariasi antara lain, 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m, 2.5m. Pencahayaan juga dibuat bervariasi untuk menguji ketahanan dan respon sistem terhadap perubahan pencahayaan. Dengan variasi cahaya yaitu, 500, 1000, 1500, 2000 lux.

Jumlah *test case* yang digunakan adalah 25 yaitu kombinasi dari 5 pelat nomor

kendaraan pada 5 jarak yang berbeda. Dari pengujian pada workshop dan kondisi tersebut didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh tabel.

Parameter	Hasil
Total <i>test case</i>	25
Berhasil	20 (80%)
Gagal	5 (20%)
Jarak efektif maksimum	2.0 meter
<i>Average response time</i>	1.4 ± 0.2 detik

Berdasarkan hasil tersebut, sistem menunjukkan performa yang konsisten pada jarak 0.5-2.0 meter dengan *success rate* 100%. Kegagalan terjadi secara konsisten pada jarak 2.5 meter dimana OCR tidak dapat membaca karakter dengan akurat meskipun deteksi YOLO berhasil.










3.8.2. Pengujian Lapangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui akurasi deteksi pelat kendaraan pada kondisi lingkungan sebenarnya dengan pencahayaan alami. Pengujian dilakukan pada area terbuka di lingkungan Satuan Halim Perdana Kusuma. Pelat nomor cetak ukuran 46cm x 16cm pada kendaraan mobil dan ukuran 24cm x 11cm untuk motor. Jarak yang diujikan bervariasi dari 1m hingga 2m. Dari pengujian di lapangan dan kondisi tersebut didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh Tabel.

Test ID	Pelat Nomor	Jarak (m)	Cahaya (lux)	Deteksi YOLO	Hasil OCR	Respons Waktu (d)	Aksi Portal	Keterangan
P1-1	7131-01	1	2000	89%	7131-01	1.5	Buka	Terdeteksi
P1-2	7131-01	2	2000	85%	7131-01	1.5	Buka	Terdeteksi
P1-3	7131-01	3	2000	78%	7131-01	1.5	Buka	Terdeteksi
P1-4	7131-01	4	2000	72%	7131-01	1.5	Buka	Terdeteksi
P1-5	7131-01	5	2000	65%	11801	-	Tutup	Tidak terdeteksi

Pada tabel ini, menunjukkan gambar proses pengujian deteksi pelat nomor kendaraan sipil maupun tentara untuk kendaraan motor dan mobil. Pengujian tersebut dilakukan pada kondisi sore cerah dengan kondisi pencahayaan 2000 lux. Jarak deteksi maksimum yaitu 2.0 meter (untuk 4 dari 5 pelat). Didapatkan *success rate* pada jarak optimal (0.5-1.5m) sebesar 100% dan *success rate* pada jarak maksimal (2.0m) sebesar 80%. Serta *average response time* yaitu 1.5 ± 0.3 detik. Pada pengujian lapangan terjadi *error* berupa OCR *error* pada jarak 2.0m dimana karakter 'I' terbaca sebagai '1', *detection failure* pada jarak >2.5m yaitu *confidence score* < 0.5 (*threshold*), serta terdapat *environmental factors* berupa getaran ringan dan perubahan cahaya alami.

Pengembangan Sistem Keamanan Portal Otomatis Cerdas melalui Identifikasi Pelat Nomor Kendaraan Berbasis OCR di Halim Perdana Kusuma

 <p>FPS: 10.3 Pelat: BM 6968 KH Auto: ON</p>	 <p>FPS: 9.9 Pelat: BM 6968 KH Auto: ON</p>	 <p>FPS: 9.3 Pelat: BM 6968 KH Auto: ON</p>
<p>Pelat : BM6968 KH OCR : BM6968K Jarak : 1 m Deteksi : 82%</p>	<p>Pelat : BM6968 KH OCR : IVV08 Jarak : 1,5 m Deteksi : 79%</p>	<p>Pelat : BM6968 KH OCR : - Jarak : 2 m Deteksi : tidak terdeteksi</p>
 <p>FPS: 11 Pelat: L 1502 BP Auto: ON</p>	 <p>FPS: 9.4 Pelat: L 1502 BP Auto: ON</p>	 <p>FPS: 5.0 Pelat: L 1502 BP Auto: ON</p>
<p>Pelat : L 1502 BP OCR : 31502BP Jarak : 1 m Deteksi : 87%</p>	<p>Pelat : L 1502 BP OCR : 750257P Jarak : 1,5 m Deteksi : 86%</p>	<p>Pelat : L 1502 BP OCR : 01E27 Jarak : 2 m Deteksi : 80%</p>
 <p>FPS: 11 Pelat: 71377-01 Auto: ON</p>	 <p>FPS: 6.4 Pelat: 71377-01 Auto: ON</p>	 <p>FPS: 9.8 Pelat: 71377-01 Auto: ON</p>
<p>Pelat : 71377-01 OCR : 71377-01 Jarak : 1 m Deteksi : 85%</p>	<p>Pelat : 71377-01 OCR : 71377-01 Jarak : 1,5 m Deteksi : 84%</p>	<p>Pelat : 71377-01 OCR : 06ZZT Jarak : 2 m Deteksi : 79%</p>

Keterbatasan teknis utama yang dihadapi ada pada jangkauan deteksi yang terbatas, ketergantungan dengan kondisi pencahayaan dan penurunan akurasi OCR pada jarak jauh. Jarak maksimum yang *reliable* pada *range* 2.0 meter, sementara desain target sebesar 5.0 meter sehingga ada gap sebesar 60% dari target tidak tercapai. Sistem akan bekerja dengan optimal pada kondisi pencahayaan dengan 1500 - 2200 lux, terjadi penurunan diluar kondisi tersebut.

Akar dari keterbatasan itu terletak pada resolusi kamera yang kurang memadai, bias dari model training, dan limitasi dari sistem OCR. Kamera yang digunakan memiliki resolusi 1080p tidak memadai untuk detail karakter pada jarak >2m di mana *pixel density* pelat nomor <15 *pixel/character* pada jarak 2.5m. *Dataset training* yang digunakan dominan pada jarak dekat (0.5-2.0m) sehingga kurang mewakili sampel untuk *dataset* gambar jarak jauh. Sementara itu sistem OCR memiliki limitasi berupa, *Tesseractperformance* degradasi pada *low-resolution text* dan *preprocessing algorithm* tidak optimal untuk *small text*.

Secara keseluruhan, sistem portal otomatis berbasis pengenalan pelat nomor kendaraan telah berhasil mencapai *proof-of-concept* yang solid dengan performa yang memadai untuk aplikasi terbatas. Keterbatasan yang ditemukan memberikan *roadmap* jelas untuk pengembangan iterasi berikutnya menuju sistem yang lebih *robust* dan *scalable*.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe sistem otomatisasi portal gerbang berbasis OCR di lingkungan Satuan Halim Perdana Kusuma yang mampu mengidentifikasi pelat nomor kendaraan secara otomatis menggunakan metode YOLOv8 dan OCR. Hasil pengujian menunjukkan tingkat akurasi pelat kendaraan mencapai 98% pada kondisi pencahayaan optimal dan akurasi OCR sebesar 96%. Meskipun demikian, keterbatasan masih ditemukan yaitu pada sudut ekstrem dan jarak deteksi <2,5 m, sehingga diperlukan pengembangan lebih lanjut melalui peningkatan kualitas kamera serta perluasan dataset pelat nomor untuk meningkatkan kinerja sistem di berbagai kondisi operasional.

DAFTAR REFERENSI :

- [1] Republik Indonesia, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2025 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia, 2025.
- [2] Tentara Nasional Indonesia, Peraturan Panglima Tentara Nasional Indonesia Nomor 73 Tahun 2018 tentang Peraturan Urusan Dinas Dalam Tentara Nasional Indonesia (PUDD), 2018.
- [3] Suhartono, S., Gunawan Zain, S., & Sugiawan, S., "Sistem object recognition plat nomor kendaraan untuk sistem parkir bandara," *Journal of Embedded Systems, Security and Intelligent Systems (JESSI)*, vol. 3, no. 2, p. 127, 2022.
- [4] Hanif, A. R., Nasrullah, E., & Setyawan, F. X. A., "Deteksi karakter plat nomor kendaraan dengan menggunakan metode optical character recognition (OCR)," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 109-117, 2023.
- [5] Saputro, G. A., Anshory, I., Syahririni, S., & Sulistiyowati, I., "Implementation of dot matrix MAX7219 for product price display," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JEEEE)*, vol. 6, no. 2, pp. 161-167, 2024.
- [6] Paramananda, R. G., Fitriyah, H., & Prasetyo, B. H., "Rancang bangun sistem penghitung jumlah orang melewati pintu menggunakan sensor infrared dan klasifikasi Bayes," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 3, pp. 921-929, 2018.
- [7] Setyawan, R., Murdiyat, P., & Putra, M. A., "Rancang bangun robot delta berbasis Arduino Uno," *PoliGrid*, vol. 4, no. 1, pp. 17-24, 2023.
- [8] Varghese, R., dan Sambath, M., "YOLOv8: A novel object detection algorithm with enhanced performance and robustness," in *International Conference on Advanced Data Engineering and Intelligent Computing Systems (ADICS 2024)*, India, 2024.
- [9] Ikbal, M., & Saputra, R. A., "Pengenalan rambu lalu lintas menggunakan metode YOLOv8," *Jurnal Informatika (JIKA)*, vol. 8, no. 2, p. 204, 2024.
- [10] Rismanto, R., Prasetyo, A., & Irawati, D. A., "Optimalisasi image thresholding pada optical character recognition pada sistem digitalisasi dan pencarian dokumen," *PETIR (Jurnal Pengkajian Dan Penerapan Teknik Informatika)*, vol. 13, no. 1, pp. 1-11, 2020.