

SKRIPSI

**SISTEM PENGENALAN PLAT NOMOR
KENDARAAN OTOMATIS MENGGUNAKAN
METODE YOLOv8 DAN OPTICAL CHARACTER
RECOGNITION (STUDI KASUS KAMPUS
POLITEKNIK NEGERI BALI)**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh:

Kadek Agus Toni Pranata
NIM. 2115354013

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERANGKAT LUNAK
JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI
POLITEKNIK NEGERI BALI
2025**

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan Sistem *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) berbasis desktop untuk lingkungan kampus. Sistem mengombinasikan YOLOv8-nano sebagai pendeteksi pelat nomor kendaraan dan *Optical Character Recognition* (OCR) untuk pembacaan karakter, disertai modul *live monitor*, perekaman video per-objek, serta penyimpanan metadata riwayat deteksi pada PostgreSQL. Sistem dioperasikan secara *real-time* menggunakan input *webcam* pada resolusi 1920x1080. *Dataset* meliputi citra pelat Indonesia beserta citra negatif sehingga model lebih tangguh terhadap latar yang menyerupai pelat. Model dilatih selama 100 *epoch* dengan evaluasi pada *subset data validation* yang menghasilkan mAP50 sebesar 99% dan mAP50-95 sebesar 88%, sedangkan evaluasi berbasis *confusion matrix* mencapai precision 96,34%, recall 98,34%, dan F1-score 97,32%. Pengujian realtime di gerbang keluar Politeknik Negeri Bali pada resolusi 1920x1080 menunjukkan akuisisi rata-rata 18,4 FPS dan *throughput* deteksi sekitar 10,3 FPS dengan hasil OCR ditampilkan langsung pada video. Pada pengujian *realtime* metrik evaluasi mencapai angka 94,19% untuk *precision*, 86,39% untuk *recall*, dan 90,12% untuk F1-score. Pendekatan ini menekankan pemrosesan lokal guna mencapai latensi rendah. Temuan tersebut menegaskan bahwa sistem mampu mempercepat pencatatan kendaraan, mengurangi beban kerja manual petugas, sehingga dinilai layak diimplementasikan sebagai solusi pendukung operasional pengelolaan akses kampus dan berpotensi untuk diintegrasikan dengan sistem keamanan maupun manajemen parkir. Namun performa dapat menurun pada sudut kamera ekstrem dan latar yang sangat mirip pelat nomor kendaraan serta pembacaan karakter yang memiliki kemiripan.

Kata Kunci: ANPR, YOLOv8, OCR, Plat Nomor Indonesia, F1-score

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sebelumnya	6
2.2 Landasan Teori.....	7
2.2.1 Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Otomatis atau ANPR	7
2.2.2 YOLOv8	7
2.2.3 Optimizer	9
2.2.4 OCR	9
2.2.5 Dataset	9
2.2.6 Waterfall	10
2.2.7 Flowchart	12
2.2.8 UML.....	14
2.2.9 Database.....	14
2.2.10 PostgreSQL.....	15
2.2.11 Python	15
2.2.12 Blackbox Testing	15
2.2.13 Confusion Matrix.....	16

2.2.14 Roboflow	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Objek dan Metode Penelitian	21
3.2.1 Objek Penelitian.....	21
3.2.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
3.2.3 Metode Pengumpulan Data.....	21
3.2.4 Metode Pengembangan Sistem.....	22
3.2 Analisis Kondisi Eksisting	24
3.2.1 Analisis Sistem Berjalan.....	24
3.2.2 Analisis Sistem Baru.....	25
3.3 Rancangan Penelitian	33
3.3.1 Arsitektur Sistem	33
3.3.2 Desain Proses.....	34
3.3.3 Kebutuhan Sistem.....	38
3.4 Pengujian Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1 Kesimpulan	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Simbol Flowchart.....	12
Tabel 3. 1 Use Case Scenario Login.....	35
Tabel 3. 2 Use Case Scenario Register	36
Tabel 3. 3 Use Case Scenario Lupa Password.....	36
Tabel 3. 4 Use Case Scenario Melihat Tayangan Langsung	37
Tabel 3. 5 Use Case Scenario Mengelola Histori Data Rekaman	37
Tabel 3. 6 Use Case Scenario Mengelola Data Pengguna.....	38
Tabel 3. 7 Use Case Scenario Mengelola Pengaturan	38
Tabel 3. 8 Perangkat Keras	38
Tabel 3. 9 Perangkat Lunak	39
Tabel 4. 1 Hasil Anotasi Plat	43
Tabel 4. 2 Tabel Parameter YOLO.....	53
Tabel 4. 3 Detection Videos	57
Tabel 4. 4 Tabel Password Reset.....	58
Tabel 4. 5 Tabel Users	59
Tabel 4. 6 Blackbox Testing Login	64
Tabel 4. 7 Blackbox Testing Register.....	66
Tabel 4. 8 Blackbox Testing Lupa Password	69
Tabel 4. 9 Blackbox Testing Menu Live Monitor	72
Tabel 4. 10 Blackbox Testing Menu Data Rekaman Historis	73
Tabel 4. 11 Blackbox Testing Menu Manajemen User	75
Tabel 4. 12 Blackbox Testing Menu Pengaturan.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alur Kerja YOLO	8
Gambar 2. 2 Metode Waterfall	10
Gambar 3. 1 Flowmap Sistem Berjalan	24
Gambar 3. 2 Flowmap Sistem Baru Bagian 1	25
Gambar 3. 3 Flowmap Sistem Baru Bagian 2	26
Gambar 3. 4 Flowmap Sub Proses Validasi Akun.....	28
Gambar 3. 5 Flowmap Sub Proses Akuisisi Sumber Tayangan	29
Gambar 3. 6 Flowmap Sub Proses Deteksi YOLO dan OCR Bagian 1	30
Gambar 3. 7 Flowmap Sub Proses Deteksi YOLO dan OCR	31
Gambar 3. 8 Flowmap Sub Proses Perekaman Deteksi.....	32
Gambar 3. 9 Arsitektur Sistem	33
Gambar 3. 10 Use Case Diagram.....	34
Gambar 4. 1 Proses Anotasi.....	41
Gambar 4. 2 Contoh Label txt	42
Gambar 4. 3 Antarmuka Login	46
Gambar 4. 4 Antarmuka Reset Password	47
Gambar 4. 5 Antarmuka Form Register.....	48
Gambar 4. 6 Antarmuka Menu Live Monitor.....	49
Gambar 4. 7 Antarmuka Menu Data Rekaman Historis	50
Gambar 4. 8 Antarmuka Menu Manajemen User	51
Gambar 4. 9 Antarmuka Menu Pengaturan	52
Gambar 4. 10 Grafik Hasil Train YOLO	56
Gambar 4. 11 Implementasi Database	57
Gambar 4. 12 Confusion Matrix	59
Gambar 4. 13 Confusion Matrix Normalized	60
Gambar 4. 14 Confusion Matrix Realtime.....	62
Gambar 4. 15 Confusion Matrix Normalized Realtime.....	63
Gambar 4. 16 Pengujian Realtime Sistem ANPR 1.....	77
Gambar 4. 17 Pengujian Realtime Sistem ANPR 2.....	78
Gambar 4. 18 Pengujian Realtime Sistem ANPR 3.....	78
Gambar 4. 19 Pengujian Realtime Sistem ANPR 4.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Form Bimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 1	87
Lampiran 2 Form Bimbingan Skripsi Dosen Pembimbing 2	88
Lampiran 3 Form Pernyataan Telah Menyelesaikan Bimbingan Skripsi	89
Lampiran 4 Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif Dosen Penguji 1	90
Lampiran 5 Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif Dosen Penguji 2	91
Lampiran 6 Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif Dosen Penguji 3	92

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan teknologi telah mendorong terciptanya berbagai inovasi di berbagai sektor kehidupan. Kemajuan ini menghadirkan teknologi kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligence* yang secara signifikan mengubah cara manusia bekerja dan berinteraksi. Salah satu dampak nyata dari perkembangan teknologi ini terlihat dalam pengelolaan kendaraan bermotor yang telah menjadi sarana transportasi utama untuk mendukung mobilitas manusia. Dengan semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, kebutuhan akan sistem identifikasi yang mampu mengenali kendaraan secara otomatis menjadi semakin penting. Salah satu elemen kunci yang menjadi acuan untuk mengidentifikasi sebuah kendaraan adalah plat nomor kendaraan. Di Indonesia, nomor seri plat nomor kendaraan dikelompokkan berdasarkan provinsi yang terdaftar di wilayah Indonesia. Kode huruf sebelum nomor kendaraan merupakan penanda untuk mengetahui wilayah provinsi pendaftaran kendaraan bermotor dan kode huruf setelah nomor kendaraan merupakan penanda sub-wilayah dari provinsi yang terdaftar [1].

Lingkungan kampus yang merupakan pusat aktivitas dan sosial bagi civitas akademika seharusnya menjadi lingkungan yang aman dan nyaman. Namun, pada kenyataannya masih kerap terjadinya tindak kriminalitas di lingkungan kampus, mulai dari pencurian kendaraan bermotor, vandalisme dan potensi ancaman keamanan lainnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya tindak kriminalitas dalam lingkungan kampus adalah kurangnya pencahayaan di tempat yang rawan terjadi tindak kriminal, kurangnya personil keamanan, tidak adanya sistem pemantauan secara langsung yang dapat diamati oleh personil keamanan kampus dan adanya kesempatan bagi pelaku untuk melakukan tindak kriminal [2]. *Closed Circuit Television* atau CCTV merupakan salah satu sistem pengawasan yang umum digunakan dalam lingkungan kampus, namun pengawasan menggunakan sistem CCTV sangat bergantung pada operator yang terkadang harus mengawasi banyaknya kamera CCTV. Hal ini dapat menurunkan efektivitas pengawasan terutama di lingkungan kampus yang dimana civitas akademika memiliki mobilitas tinggi dan bergantung pada kendaraan bermotor sebagai sarana transportasi [3]. Kehilangan barang ataupun kendaraan bermotor tidak hanya

menimbulkan kerugian materi namun dapat berdampak juga ke psikologis dan mengganggu aktivitas perkuliahan civitas akademika.

Identifikasi kendaraan bermotor yang terlibat dalam tindak kriminal di lingkungan kampus menjadi tantangan tersendiri. Selain pengawasan yang masih bergantung pada operator, CCTV seringkali hanya menampilkan visual kendaraan namun dengan detail plat nomor yang kurang jelas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti penempatan kamera CCTV dan kondisi pencahayaan yang buruk [4], [5]. Dengan faktor-faktor tersebut, proses identifikasi menjadi sulit sehingga diperlukan sebuah sistem yang mampu mengidentifikasi plat nomor kendaraan secara otomatis dan akurat. Sistem *Automatic Number Plate Recognition* / ANPR menjadi solusi terhadap permasalahan tersebut. sistem ANPR merupakan pengembangan dalam bidang teknologi *object detection* yang menggunakan *Deep Learning* dalam mempelajari objek yang dideteksi seperti plat nomor kendaraan. *Deep Learning* memiliki banyak metode pembelajaran seperti *Artificial Neural Network* atau ANN, *Convolutional Neural Network* atau CNN, *Recurrent Neural Network* atau RNN dan lain-lainnya.

Salah satu arsitektur yang paling umum digunakan dalam Sistem ANPR adalah arsitektur *You Only Look Once* atau YOLO yang termasuk dalam CNN. YOLO memiliki beragam versi yang mampu mendeteksi objek dalam sebuah citra atau video *real-time* dengan akurasi yang tinggi. Perkembangan terbaru dari YOLO adalah YOLOv8 yang dirilis oleh Ultralytics yang memiliki peningkatan dalam kecepatan dan akurasi sehingga cocok digunakan dalam sistem ANPR yang membutuhkan kedua hal tersebut dalam deteksi plat nomor secara *real-time* melalui video [6]. Setelah plat nomor terdeteksi, tahap selanjutnya adalah ekstraksi karakter menggunakan *Optical Character Recognition* atau OCR. OCR merupakan teknologi yang memungkinkan konversi sebuah citra karakter menjadi teks digital. Dengan gabungan YOLOv8 dan OCR maka diharapkan dapat menghasilkan sebuah Sistem ANPR yang handal dalam mendeteksi dan ekstraksi secara *real-time*.

Penelitian ini difokuskan pada studi kasus di lingkungan kampus Politeknik Negeri Bali. Pemilihan lokasi ini didasari oleh kompleksitas dan dinamika aktivitas di lingkungan kampus, serta kebutuhan akan sistem pengawasan yang efektif untuk menjaga keamanan dan ketertiban. Dengan menerapkan sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis berbasis YOLOv8 dan OCR di Politeknik Negeri Bali, diharapkan dapat

memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keamanan kendaraan bermotor milik mahasiswa, membantu identifikasi kendaraan yang terlibat dalam potensi tindak kriminal, serta memberikan data dan informasi yang akurat bagi pihak keamanan kampus. Penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi model implementasi sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis di lingkungan kampus lain dan memberikan kontribusi bagi pengembangan teknologi pengenalan plat nomor di Indonesia.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana membangun sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis menggunakan metode YOLOv8 untuk deteksi plat nomor dan metode Optical Character Recognition (OCR) untuk rekognisi karakter?
- b. Bagaimana mengukur akurasi sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis yang menggunakan metode YOLOv8

1.3 Batasan Masalah

Diperlukan sebuah batasan masalah yang akan dijadikan pedoman untuk mencapai target penelitian ini. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

- a. Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Otomatis Menggunakan Metode Optical Character Recognition dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python, model YOLOv8, dan *database* PostgreSQL. Metode *Optical Character Recognition* berfokus pada deteksi dan rekognisi karakter plat nomor kendaraan yang melewati area gerbang kampus Politeknik Negeri Bali
- b. Sistem dikembangkan berbasis desktop
- c. Model pengembangan perangkat lunak menggunakan metode *Waterfall*
- d. *Dataset* diperoleh dari *website* atau situs yang menyediakan *dataset* plat nomor kendaraan Indonesia
- e. Pengujian dilakukan pada rekaman kendaraan yang diambil melalui *webcam* dalam kondisi terkontrol, tanpa mempertimbangkan variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, atau *noise*.
- f. Terdapat 2 aktor dalam sistem yakni Satpam dan Admin

- g. Penelitian dilaksanakan dengan objek plat nomor kendaraan bermotor berbahan bakar bensin yang tidak mencakup kendaraan listrik

1.4 Tujuan Penelitian

- a. Membangun sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis yang menggunakan metode YOLOv8 untuk deteksi plat nomor dan metode Optical Character Recognition (OCR) untuk pengenalan karakter.
- b. Mengukur tingkat akurasi sistem pengenalan plat nomor kendaraan otomatis yang menggunakan YOLOv8.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak sebagai berikut:

- a. Bagi Mahasiswa
 - 1) Penelitian dapat dijadikan pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman mengenai penerapan model YOLOv8 dan metode OCR untuk Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Otomatis
 - 2) Hasil Penelitian dapat memperkaya wawasan mengenai sub bidang *Deep Learning* dalam bidang *Artificial Intelligence*
- b. Bagi Akademika
 - 1) Penelitian ini dapat dijadikan referensi akademis dalam penerapan model YOLOv8 dan metode OCR
 - 2) Hasil penelitian ini dapat menjadi landasan untuk pengembangan penelitian serupa ke depannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi terdiri dari Bab I hingga Bab V dengan rincian pembagian tiap bab sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab I Pendahuluan membahas mengenai latar belakang dari yang menjadi landasan dalam penelitian yang diangkat sebagai topik pembahasan, rumusan dan batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II Tinjauan Pustaka memuat tinjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang dijadikan bahan pustaka dan landasan teori yang relevan dengan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab III Metode Penelitian menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam proses pengembangan sistem, mulai dari metode pengumpulan data, analisis kebutuhan, hingga perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV Hasil dan pembahasan yang menjabarkan hasil implementasi Sistem Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Otomatis Menggunakan Metode YOLOv8 dan Optical Character Recognition (Studi Kasus Kampus Politeknik Negeri Bali) beserta pengujian sistem secara fungsionalitas

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V Kesimpulan dan Saran menguraikan kesimpulan dari pembangunan sistem informasi sebagai solusi beserta saran untuk tindak lanjut yang lebih baik bagi hasil pemecahan masalah yang telah diusulkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan mengenai Sistem Pengenalan Plat Kendaraan Otomatis menggunakan metode YOLOv8 dan Optical Character Recognition (Studi Kasus Kampus Politeknik Negeri Bali), maka dapat disimpulkan dua hal sebagai berikut :

- a. Sistem ANPR berbasis desktop berhasil dibangun dengan menggabungkan model YOLOv8 *nano* untuk deteksi area plat nomor kendaraan dan OCR untuk rekognisi karakter. Alur pembuatan sistem ANPR diawali dengan pembuatan *dataset* yang menggabungkan *dataset* plat nomor kendaraan dengan *dataset* citra negatif untuk pelatihan model YOLOv8 *nano* dengan melibatkan proses *preprocessing* dan augmentasi untuk menciptakan citra yang beragam. Penerapan model YOLOv8 *nano* dan OCR ke dalam sistem memberikan performa yang baik dibuktikan dengan berhasil mendeteksi satu objek (*single object*) ataupun lebih dari satu objek (*multiple-object*) dalam *frame* tayangan langsung dan merekognisi karakter. Kemudian dilanjutkan penyimpanan informasi terkait video cuplikan untuk setiap *objek* yang berhasil di deteksi dan rekognisi karakternya kedalam *database* PostgreSQL dan dapat diakses oleh *user*.
- b. Penilaian akurasi sistem ANPR dilakukan menggunakan *confusion matrix* sebagai dasar evaluasi dengan menghitung TP, FP, dan FN dari hasil deteksi. Dari sini diperoleh *precision* model sebesar 96% untuk melihat ketepatan model dalam mendeteksi (semakin tinggi, semakin sedikit background terbaca sebagai plat), *recall* untuk melihat kelengkapan (semakin tinggi, semakin sedikit plat terlewat), serta F1-score sebagai keseimbangan keduanya pada berbagai *confidence threshold*. Gambaran menyeluruh kinerja YOLOv8-nano diringkas oleh mAP50 dan mAP50–95 yang diambil dari kurva precision–recall; mAP50 mengevaluasi pada IoU 0,50, sedangkan mAP50–95 merata-ratakan dari IoU 0,50–0,95, sehingga juga mencerminkan ketepatan penempatan *bounding box*, kombinasi metrik ini memberikan diagnosis kesalahan yang jelas sekaligus skor ringkas.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem ANPR yang telah dilakukan, penulis menemukan beberapa hal yang dapat ditingkatkan guna mengoptimalkan kinerja sistem ANPR untuk skala yang lebih luas.

a. Penambahan variasi *Dataset*

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan menambahkan variasi citra plat nomor pada berbagai kondisi lingkungan, seperti pencahayaan rendah atau malam hari, cuaca hujan, atau sudut pengambilan yang tidak ideal. Selain itu, citra negatif atau *background* yang memiliki kemiripan visual dengan plat nomor juga perlu diperbanyak untuk membantu model membedakan antara objek plat dan objek non-plat yang serupa. Langkah ini akan membantu menurunkan tingkat *false positive* serta meningkatkan kemampuan model dalam mendeteksi plat nomor secara konsisten di berbagai situasi.

b. Pengembangan model YOLO dan OCR

Pengembangan sistem ANPR pada penelitian ini memanfaatkan YOLOv8-*nano* yang memiliki jumlah parameter lebih sedikit dibandingkan varian lain, sehingga sesuai untuk kebutuhan pemrosesan dengan beban inferensi rendah dan latensi singkat. Namun, untuk implementasi *realtime* di masa mendatang yang menuntut akurasi lebih tinggi, disarankan mengevaluasi varian YOLOv8-*small* atau YOLOv8-*medium*, maupun arsitektur keluarga YOLO yang lebih mutakhir seperti YOLOv11. Pada komponen pengenalan karakter, OCR memegang peran krusial oleh karena itu, pemanfaatan solusi OCR yang tetap ringan misalnya CRNN-CTC atau PaddleOCR dapat menunjang rekognisi karakter secara *realtime* tanpa mengorbankan kinerja keseluruhan sistem.

c. Integrasi antar Sistem

Sistem ANPR memiliki potensi besar untuk diintegrasikan dengan sistem lain, seperti sistem manajemen parkir otomatis, sistem keamanan, atau *dashboard* pemantauan pusat. Integrasi ini dapat memungkinkan proses pencatatan kendaraan keluar-masuk secara otomatis, pengendalian akses gerbang berdasarkan data plat nomor, serta pengelolaan informasi hasil deteksi secara terpusat. Dengan adanya integrasi, sistem ANPR tidak hanya berfungsi sebagai alat deteksi mandiri, tetapi juga menjadi bagian dari ekosistem manajemen operasional yang lebih luas.

d. Implementasi Sistem ANPR dengan Perangkat *Edge*

Sistem ANPR dapat diimplementasikan di lapangan dengan memanfaatkan perangkat *edge computing* yang dirancang khusus untuk pemrosesan kecerdasan buatan di lokasi pengambilan data. Saat ini sistem diuji menggunakan laptop dengan spesifikasi yang cukup baik yakni GPU GTX 1660Ti yang meskipun memberikan performa baik, membutuhkan biaya dan konsumsi daya yang besar. Alternatifnya, perangkat *edge* seperti NVIDIA Jetson Nano, NVIDIA Jetson Xavier, dan Raspberry Pi 5 yang dikombinasikan dengan kamera *webcam* ataupun CCTV dapat digunakan untuk menjalankan model deteksi YOLOv8 dan proses OCR secara langsung di sisi perangkat. Pendekatan ini akan meminimalisir latensi, penggunaan daya dan memungkinkan sistem tetap beroperasi meskipun koneksi jaringan tidak stabil.

e. Pengujian lebih luas sistem ANPR

Sistem ANPR ke depan sebaiknya mencakup pengujian dalam skala yang lebih luas, dari segi variasi kondisi lapangan seperti malam hari, hujan ringan atau gerimis, hujan lebat, berkabut dan kepadatan lalu lintas yang tinggi. Sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terkait performa sistem. Dengan melakukan pengujian yang lebih luas, sistem ANPR akan memberikan gambaran tingkat keandalan untuk implementasi nyata di berbagai skenario.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. H. Al Amin and A. Aprilino, "Implementasi Algoritma YOLO Dan Tesseract OCR Pada Sistem Deteksi Plat Nomor Otomatis," *J. Teknoinfo*, vol. 16, no. 1, p. 54, Jan. 2022, doi: 10.33365/jti.v16i1.1522.
- [2] K. Cundiff, "Colleges and Community Crime: An Analysis of Campus Proximity and Neighborhood Crime Rates," *Crime Delinquency*, vol. 67, no. 3, pp. 431–448, Mar. 2021, doi: 10.1177/0011128720974312.
- [3] T. Astanto *et al.*, "Peran Closed Circuit Television (CCTV) Dalam Meningkatkan Keamanan Di Kampus STIE GANESHA," *J. Ilm. Fokus Ekon. Manaj. Bisnis Akunt. EMBA*, vol. 2, no. 03, pp. 276–274, Nov. 2023, doi: 10.34152/emba.v2i03.849.
- [4] A. R. Hanif, E. Nasrullah, and F. X. A. Setyawan, "Deteksi Karakter Plat Nomor Kendaraan Dengan Menggunakan Metode Optical Character Recognition (OCR)," *J. Inform. Dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 1, Jan. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i1.2897.
- [5] M. Abdul Hadi, R. Ferdian, and L. Arief, "Klasifikasi Tingkat Ancaman Kriminalitas Bersenjata Menggunakan Metode You Only Look Once (YOLO)," *CHIPSET*, vol. 2, no. 01, pp. 33–40, Apr. 2021, doi: 10.25077/chipset.2.01.33-40.2021.
- [6] J. Terven, D.-M. Córdova-Esparza, and J.-A. Romero-González, "A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS," *Mach. Learn. Knowl. Extr.*, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, Nov. 2023, doi: 10.3390/make5040083.
- [7] K. Anwariyah, "Deteksi Objek Nomor Kendaraan Pada Citra Kendaraan Bermotor," *JTIM J. Teknol. Inf. Dan Multimed.*, vol. 1, no. 4, pp. 311–317, Feb. 2020, doi: 10.35746/jtim.v1i4.65.
- [8] M. Bensouilah, M. Zennir, and M. Taffar, "An ALPR System-based Deep Networks for the Detection and Recognition:," in *Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition Applications and Methods*, Online Streaming, --- Select a Country ---: SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 2021, pp. 204–211. doi: 10.5220/0010229202040211.
- [9] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," May 09, 2016, *arXiv*: arXiv:1506.02640. doi: 10.48550/arXiv.1506.02640.
- [10] A. M. Moraes, L. F. Pugliese, R. F. D. Santos, G. B. Vitor, R. A. D. S. Braga, and F. R. D. Silva, "Effectiveness of YOLO Architectures in Tree Detection: Impact of Hyperparameter Tuning and SGD, Adam, and AdamW Optimizers," *Standards*, vol. 5, no. 1, p. 9, Mar. 2025, doi: 10.3390/standards5010009.
- [11] J. Memon, M. Sami, R. A. Khan, and M. Uddin, "Handwritten Optical Character Recognition (OCR): A Comprehensive Systematic Literature Review (SLR)," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 142642–142668, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012542.

- [12] A. Paullada, I. D. Raji, E. M. Bender, E. Denton, and A. Hanna, "Data and its (dis)contents: A survey of dataset development and use in machine learning research," *Patterns*, vol. 2, no. 11, p. 100336, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.patter.2021.100336.
- [13] Udes S Senarath, "Waterfall Methodology, Prototyping and Agile Development," 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.17918.72001.
- [14] Zalukhu, Agustinus, Purba, Singly, and Darma, Dedi, "Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart," *J. Teknol. Inf. Dan Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 61–70, Dec. 2023.
- [15] Lucidchart, "Flowchart Symbols and Notation," Flowchart Symbols and Notation. Accessed: Aug. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/flowchart-symbols-meaning-explained>
- [16] A. Fu'adi and A. Prianggono, "Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Akademik Akademi Komunitas Negeri Pacitan Menggunakan Diagram UML dan EER," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 16, no. 1, p. 45, Mar. 2022, doi: 10.32815/jitika.v16i1.650.
- [17] Oracle, "What Is a Database?," Database. Accessed: Dec. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.oracle.com/id/database/what-is-database/>
- [18] S. V. Salunke and A. Ouda, "A Performance Benchmark for the PostgreSQL and MySQL Databases," *Future Internet*, vol. 16, no. 10, p. 382, Oct. 2024, doi: 10.3390/fi16100382.
- [19] Python org, "Beginners Guide," Beginner's Guide to Python. Accessed: Dec. 28, 2024. [Online]. Available: <https://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide>
- [20] I. R. Dhaifullah, M. Muttanifudin H, A. Ananda Salsabila, and M. Ainul Yaqin, "Survei Teknik Pengujian Software," *J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, Jun. 2022, doi: 10.47134/jacis.v2i1.42.
- [21] M. Heydarian, T. E. Doyle, and R. Samavi, "MLCM: Multi-Label Confusion Matrix," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 19083–19095, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3151048.
- [22] "precision recall fscore support," precision recall fscore support. Accessed: Aug. 21, 2025. [Online]. Available: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.precision_recall_fscore_support.html
- [23] R. Padilla, W. L. Passos, T. L. B. Dias, S. L. Netto, and E. A. B. Da Silva, "A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit," *Electronics*, vol. 10, no. 3, p. 279, Jan. 2021, doi: 10.3390/electronics10030279.
- [24] Muhammad Faizan, "Roboflow," Introduction to Roboflow. Accessed: Jan. 16, 2024. [Online]. Available: <https://medium.com/red-buffer/roboflow-d4e8c4b52515>

[25] geeksforgeeks, “What is Non-Maximum Suppression?,” What is Non-Maximum Suppression? Accessed: Jan. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/what-is-non-maximum-suppression/>