

SKRIPSI

**SISTEM DETEKSI DAN PENGHITUNGAN KENDARAAN
KELUAR MASUK POLITEKNIK NEGERI BALI
MENGUNAKAN ALGORITMA YOLOV8 DAN SORT**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

I Gede Suputra

NIM. 2115354057

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

ABSTRAK

Peningkatan jumlah kendaraan di lingkungan Politeknik Negeri Bali seiring bertambahnya jumlah mahasiswa dan staf menimbulkan kebutuhan akan sistem yang mampu memantau dan mencatat pergerakan kendaraan secara otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem deteksi dan penghitungan kendaraan keluar masuk kampus menggunakan algoritma *You Only Look Once version 8* (YOLOv8) dan *Simple Online and Realtime Tracking* (SORT). Sistem ini dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan antarmuka *CustomTkinter* serta penyimpanan data pada MySQL. Proses deteksi dilakukan oleh YOLOv8 untuk mengidentifikasi dua jenis kendaraan, yaitu sepeda motor dan mobil, sedangkan pelacakan dilakukan oleh algoritma SORT yang memberikan ID unik pada tiap objek untuk mencegah penghitungan ganda. Penghitungan kendaraan dilakukan secara otomatis berdasarkan lintasan objek pada garis virtual, dan hasilnya disimpan ke dalam *database*. Pengujian dilakukan menggunakan video CCTV dari gerbang masuk dan keluar kampus, serta dievaluasi menggunakan metode *Confusion Matrix*. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi dan menghitung kendaraan secara akurat dengan nilai $mAP@0.5$ mencapai 98% dan presisi serta *recall* di atas 90%. Sistem juga dapat menampilkan data deteksi secara *real-time* dan menyimpan informasi kendaraan secara otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi awal dalam mendukung pengelolaan lalu lintas dan parkir di lingkungan kampus serta sebagai dasar pengembangan sistem pemantauan kendaraan yang lebih cerdas ke depannya.

Kata Kunci: YOLOv8, SORT, deteksi kendaraan, pelacakan kendaraan, penghitungan kendaraan, *CustomTkinter*, Politeknik Negeri Bali.

ABSTRACT

The increasing number of vehicles at Politeknik Negeri Bali, along with the growing population of students and staff, has created a need for a system capable of automatically monitoring and recording vehicle movements. This study aims to develop a vehicle detection and counting system for campus entry and exit points using You Only Look Once version 8 (YOLOv8) and Simple Online and Realtime Tracking (SORT) algorithms. The system is built using the Python programming language, with a graphical interface based on CustomTkinter and data stored in a MySQL database. YOLOv8 is used to detect two vehicle types motorcycles and cars while SORT assigns unique IDs to each object to prevent duplicate counts. Vehicle counting is triggered automatically when objects cross a predefined virtual line, and the results are stored in the database. The system is tested using CCTV footage from campus gates and evaluated using Confusion Matrix methods. The results show that the system can accurately detect and count vehicles, achieving a mAP@0.5 of 98% and precision and recall values above 90%. The system also provides real-time display and automatic storage of vehicle data. This research is expected to serve as an initial solution for campus traffic and parking management and as a foundation for future development of smarter vehicle monitoring systems.

Keywords: YOLOv8, SORT, vehicle detection, vehicle tracking, vehicle counting, CustomTkinter, Politeknik Negeri Bali.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR 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.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Penelitian Sebelumnya	6
2.2. Landasan Teori	10
2.2.1. Sistem Deteksi dan penghitungan Kendaraan	10
2.2.2. Politeknik Negeri Bali	10
2.2.3. YOLOv8.....	11
2.2.5. SORT	13
2.2.6. <i>Waterfall</i>	15
2.2.7. <i>Flowchart</i>	16
2.2.8. <i>Entity Relationship Diagram</i> (ERD)	17
2.2.9. <i>Database</i>	18
2.2.10. Dataset	18
2.2.11. <i>Unified Modeling Language</i> (UML)	18
2.2.12. <i>Python</i>	18
2.2.13. <i>Confusion Matrix</i>	19

BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Objek dan Metode Penelitian	21
3.1.1. Objek Penelitian	21
3.1.2. Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.1.3. Metode Pengumpulan Data	21
3.1.4. Metode Pengembangan Sistem.....	22
3.2. Analisis Kondisi Eksisting	25
3.2.1. Analisis Sistem Berjalan.....	25
3.2.2. Analisis Sistem Baru.....	27
3.3. Rancangan Penelitian	29
3.3.1. Arsitektur Sistem	29
3.3.2. Kebutuhan Sistem.....	29
3.3.3. Desain Proses.....	31
3.4. Pengujian Penelitian.....	34
3.5. Perbandingan Varian YOLOv8	35
3.6. Tahapan Penghitungan Kendaraan	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Pengumpulan Data Rekaman CCTV	38
4.2. Hasil Implementasi Sistem.....	38
4.2.1. Tahap Praproses.....	38
4.2.2. Implementasi Model YOLO.....	43
4.2.3. Implementasi Database.....	47
4.2.4. Implementasi Sistem	48
4.3. Hasil Pengujian Sistem	49
4.3.1. Pengujian Model YOLO.....	49
4.3.2. Pengujian Sistem	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Novelity	8
Tabel 2. 2 Simbol Flowchart	16
Tabel 3. 1 Kebutuhan Perangkat Keras	30
Tabel 3. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak	30
Tabel 3. 3 Use Case Specification Kelola Video.....	32
Tabel 3. 4 Use Case Specification Managemen Sistem	33
Tabel 3. 5 Use Case Specification Melihat Informasi.....	33
Tabel 3. 6 Use Case Specification Melihat Deteksi dan Pelacakan Kendaraan.....	34
Tabel 4. 1 Hasil Pengumpulan Data Rekaman CCTV	38
Tabel 4. 2 Konfigurasi Pelatihan Model YOLOv8.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Arsitektur YOLOv8	12
Gambar 2. 2	Siklus Waterfall	15
Gambar 3. 1	Flowchart Sistem Berjalan	25
Gambar 3. 2	Flowchart Sistem Baru	27
Gambar 3. 3	Arsitektur Sistem	29
Gambar 3. 4	Use Case Diagram	31
Gambar 4. 1	Dataset Masuk 1	39
Gambar 4. 2	Dataset Masuk 2	39
Gambar 4. 3	Dataset Masuk 3	40
Gambar 4. 4	Dataset Keluar 1	40
Gambar 4. 5	Dataset Keluar 2	41
Gambar 4. 6	Dataset Keluar 3	41
Gambar 4. 7	Anotasi Kendaraan Masuk Menggunakan LabelImg	42
Gambar 4. 8	Anotasi Kendaraan Keluar Menggunakan LabelImg	43
Gambar 4. 9	Grafik Pelatihan Model Kendaraan Masuk	45
Gambar 4. 10	Grafik Pelatihan Model Kendaraan Keluar	46
Gambar 4. 11	Implementasi Database	47
Gambar 4. 12	Antarmuka Sistem	49
Gambar 4. 13	Confusion Matrix model kendaraan masuk.....	50
Gambar 4. 14	Confusion Matrix normalized model kendaraan masuk.....	51
Gambar 4. 15	Confusion Matrix model kendaraan keluar	52
Gambar 4. 16	Confusion Matrix normalized model kendaraan keluar	53
Gambar 4. 17	Pengujian sistem.....	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Izin Penelitian Tugas Akhir.....	60
Lampiran 2. Form Bimbingan Skripsi 1	61
Lampiran 3. Form Bimbingan Skripsi 2	62
Lampiran 4. Surat Pernyataan Telah Menyelesaikan Bimbingan Skripsi.....	63
Lampiran 5. Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif dosen penguji 1.....	64
Lampiran 6. Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif dosen penguji 2.....	65
Lampiran 7. Lembar Perbaikan Ujian Komprehensif dosen penguji 3.....	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Politeknik Negeri Bali (PNB) merupakan sebuah perguruan tinggi negeri di Bali yang memiliki berbagai program studi berbasis keterampilan. Peningkatan jumlah mahasiswa di PNB terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, mencerminkan minat tinggi terhadap pendidikan vokasi. Menurut informasi dari Satu Data Indonesia Provinsi Bali, jumlah mahasiswa baru yang mendaftar di PNB pada tahun 2023 mencapai sekitar 2.702 mahasiswa[1]. Angka ini menunjukkan kenaikan sekitar 8.51% dibandingkan dengan tahun 2022, yang mencatat 2.490 mahasiswa baru, dan diperkirakan akan terus bertambah di masa mendatang[2]. Berdasarkan data tersebut, jumlah kendaraan yang masuk ke lingkungan PNB meningkat juga dan diperkirakan mengalami peningkatan.

Seiring peningkatan jumlah kendaraan, hal ini berdampak pada kebutuhan lahan parkir yang memadai. Lahan parkir di PNB merupakan aspek penting yang terus menyesuaikan dengan peningkatan jumlah mahasiswa dan staf aktif. Pertumbuhan jumlah mahasiswa menjadikan keberadaan fasilitas parkir sebagai salah satu kebutuhan utama untuk mendukung aksesibilitas kampus. Kondisi ini menunjukkan pentingnya manajemen parkir yang terencana untuk mengatasi masalah seperti tata kelola parkir yang kurang teratur serta memastikan pemanfaatan lahan parkir yang tersedia dapat dioptimalkan. Data yang terstruktur mengenai jumlah kendaraan di area parkir dapat membantu merumuskan strategi pengelolaan fasilitas yang lebih baik[3].

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, Pencatatan data kendaraan yang keluar masuk di Politeknik Negeri Bali merupakan langkah penting untuk mendukung analisis penggunaan lahan parkir. Pengumpulan data secara manual setiap harinya sering kali menjadi proses yang rumit dan membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Salah satu inovasi yang dapat dimanfaatkan adalah penggunaan kamera *Closed-Circuit Television* (CCTV) yang telah terpasang di gerbang masuk kampus untuk mendukung proses deteksi dan penghitungan kendaraan. Teknologi ini dapat dimanfaatkan sebagai alat untuk mengumpulkan data secara otomatis menggantikan metode manual. Memadukan kamera CCTV dengan algoritma seperti *You Only Look Once* (YOLO) untuk deteksi kendaraan dan *simple online and realtime tracking* (SORT) untuk melacak kendaraan, sistem ini dapat menghasilkan data secara otomatis.

Beberapa penelitian telah mengulas implementasi teknologi serupa dalam deteksi kendaraan menggunakan algoritma YOLO. Sebuah penelitian menggunakan YOLO berbasis *android* untuk mendeteksi kendaraan di jalan raya, tetapi penelitian ini tidak mencakup pelacakan kendaraan secara *real-time*[4]. Penelitian lain menggunakan teknologi serupa yang mengembangkan sistem pendeteksian kendaraan menggunakan *MobileNet-YOLO* untuk mendeteksi kendaraan dengan efisiensi tinggi, tetapi penelitian ini lebih berfokus pada kecepatan deteksi kendaraan tanpa mengintegrasikan algoritma pelacakan[5]. Penelitian lain yang menggunakan algoritma serupa memanfaatkan YOLOv8 untuk klasifikasi kendaraan area parkir kampus, tetapi pelacakan kendaraan tidak diimplementasikan pada penelitian ini[3]. Penelitian lain memanfaatkan algoritma YOLOv4 untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan di jalan raya dengan tingkat akurasi yang memadai, namun pelacakan kendaraan dan penyimpanan data kendaraan yang telah terdeteksi belum diterapkan[6]. Implementasi teknologi *Region of Interest* (ROI) juga telah digunakan untuk meningkatkan efisiensi deteksi dan klasifikasi kendaraan dengan membatasi area pemrosesan pada citra, tetapi metode ini lebih fokus pada pengurangan waktu pemrosesan tanpa memanfaatkan algoritma pelacakan[7]. Penelitian tentang pelacakan objek menggunakan metode seperti *background subtraction* menunjukkan hasil yang cukup baik untuk mendeteksi pergerakan objek, tetapi tidak melakukan penyimpanan data pada penelitian ini[8]. Penelitian tentang penggabungan antara YOLOv8 dan DeepSORT untuk deteksi, pelacakan, dan penghitungan kendaraan secara *real-time* sudah pernah diciptakan, Namun, penelitian tersebut belum menerapkan sistem dalam skenario dinamis seperti lalu lintas masuk dan keluar area tertentu[9].

Berdasarkan berbagai penelitian sebelumnya, telah banyak yang menggabungkan algoritma YOLOv8 dan *DeepSORT* untuk mendeteksi, melacak, dan menghitung kendaraan secara *real-time*. *DeepSORT* merupakan pengembangan dari SORT, dengan penambahan fitur pembeda visual objek (*appearance descriptor*) yang meningkatkan akurasi dan stabilitas pelacakan dalam skenario yang lebih kompleks. Sistem pada penelitian tersebut dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pelacakan kendaraan. Namun, *DeepSORT* masih tergolong cukup berat jika diimplementasikan pada perangkat keras dengan spesifikasi terbatas. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, metode tersebut dijadikan sebagai dasar pertimbangan dengan memilih algoritma SORT yang merupakan versi dasar dari *DeepSORT*. Dengan pendekatan tersebut, sistem ini dibangun menggunakan kombinasi YOLOv8 dan SORT. YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kendaraan berdasarkan jenis, yaitu sepeda motor dan mobil.

Sementara itu, SORT digunakan untuk melacak pergerakan kendaraan yang telah terdeteksi, sehingga sistem ini dapat menyajikan data berupa jumlah dan jenis kendaraan yang keluar dan masuk. Proses ini melibatkan pengolahan data visual secara langsung untuk menghasilkan informasi yang relevan terkait lalu lintas kendaraan. Integrasi teknologi ini diharapkan mampu memberikan solusi dalam mendukung pengelolaan lalu lintas dan parkir di lingkungan PNB.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian tentang sistem deteksi dan penghitungan kendaraan masuk politeknik negeri Bali menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT di atas, maka masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

- a. Bagaimana membangun sistem yang dapat mendeteksi dan melacak kendaraan yang masuk ke lingkungan PNB dengan menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT.
- b. Bagaimana sistem dapat menghitung jumlah kendaraan yang masuk ke lingkungan PNB.

1.3. Batasan Masalah

Batasan – Batasan masalah yang dipergunakan sebagai pedoman untuk mencapai target penelitian. Batasan masalah tersebut sebagai berikut:

- a. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Python* serta basis data menggunakan *phpMyAdmin*.
- b. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan berfokus pada menghitung jumlah kendaraan dan pencatatan data kendaraan yaitu jenis kendaraan (sepeda motor dan mobil), tingkat akurasi, dan waktu kendaraan keluar masuk ke lingkungan PNB.
- c. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan dikembangkan berbasis desktop.
- d. Model pengembangan perangkat lunak menggunakan metode *Waterfall*.
- e. *Dataset* diperoleh dari hasil rekaman CCTV PNB yang diubah menjadi *dataset* kendaraan (sepeda motor dan mobil).
- f. Sistem diuji menggunakan hasil rekaman CCTV PNB.
- g. Pengujian model dilakukan menggunakan *Confusion Matrix*.
- h. Sistem memerlukan koneksi internet untuk memasukkan data ke dalam basis data.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tentang sistem deteksi dan penghitungan kendaraan masuk politeknik negeri Bali menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT ini sebagai berikut:

- a. Membangun sistem yang dapat mendeteksi dan melacak kendaraan yang masuk ke lingkungan PNB dengan menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT.
- b. Sistem dapat menghitung jumlah kendaraan yang masuk ke lingkungan PNB.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian sistem deteksi dan penghitungan kendaraan masuk politeknik negeri Bali menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Politeknik Negeri Bali, penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data untuk mendukung pengelolaan terkait tata ruang parkir di lingkungan PNB.
- b. Bagi peneliti, penelitian ini diharapkan dapat tentang penerapan algoritma *deep learning* dalam bidang *computer vision* dan mengembangkan kemampuan dalam merancang dan membangun sistem berbasis komputer.
- c. Bagi masyarakat, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi deteksi dan penghitungan kendaraan yang dapat diaplikasikan di berbagai bidang.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini disusun dengan tujuan untuk mempermudah pembaca dalam memahami alur dan isi pembahasan yang terdapat dalam penelitian ini secara menyeluruh. Penelitian ini terdiri dari lima bab utama yang saling berkaitan, sehingga membentuk satu kesatuan yang utuh. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah yang melandasi penelitian, perumusan masalah, batasan masalah untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, serta manfaat penelitian bagi institusi, peneliti, dan masyarakat.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tinjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang serupa sebagai referensi dan pembanding. Selain itu, bab ini juga menjelaskan landasan teori yang relevan dengan penelitian, seperti teori mengenai sistem deteksi kendaraan, algoritma YOLOv8, algoritma SORT, serta metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode dan langkah-langkah yang digunakan dalam proses pengembangan sistem. Penjelasan mencakup objek penelitian, waktu dan tempat pelaksanaan, metode pengumpulan data (wawancara, observasi, studi pustaka), metode pengembangan sistem menggunakan model Waterfall, serta arsitektur sistem, desain proses, dan kebutuhan sistem.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil implementasi sistem yang dikembangkan, mulai dari proses ekstraksi data, pelatihan model YOLOv8, integrasi dengan algoritma SORT, hingga pengujian sistem secara menyeluruh. Dibahas pula evaluasi performa model menggunakan *Confusion Matrix*, serta tampilan antarmuka sistem dan analisis hasil pengujian.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan dari keseluruhan proses penelitian berdasarkan hasil yang telah dicapai. Selain itu, disampaikan juga saran-saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang agar dapat digunakan secara lebih luas dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Bagian ini memuat semua referensi yang digunakan dalam penyusunan skripsi, baik berupa jurnal, artikel, buku, maupun sumber daring yang relevan.

LAMPIRAN

Berisi dokumen pendukung seperti hasil pengujian, dataset anotasi, serta dokumentasi tambahan yang menunjang proses penelitian dan pengembangan sistem.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai sistem deteksi dan penghitungan kendaraan keluar masuk Politeknik Negeri Bali menggunakan algoritma YOLOv8 dan SORT, maka dapat disimpulkan dua hal sebagai berikut:

- a. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan berhasil dibangun dan mampu mendeteksi serta melacak kendaraan menggunakan kombinasi algoritma YOLOv8 untuk deteksi objek dan SORT untuk pelacakan. YOLOv8 mampu mengidentifikasi dua jenis kendaraan utama, yaitu sepeda motor dan mobil, sedangkan SORT memberikan ID unik untuk memastikan pelacakan antar *frame*. Pengujian terhadap sistem menunjukkan performa yang sangat baik, dengan nilai mAP@0.5 mencapai 98%, serta *precision* dan *recall* di atas 90%, baik pada kendaraan masuk maupun keluar. Evaluasi dilakukan menggunakan metode *Confusion Matrix* dan menunjukkan bahwa sistem dapat membedakan jenis kendaraan dengan tingkat akurasi tinggi. Sistem juga mampu berjalan stabil pada video CCTV berdurasi panjang dan resolusi tinggi.
- b. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan mampu menghitung jumlah kendaraan secara otomatis berdasarkan arah pergerakan (masuk atau keluar) menggunakan metode *virtual line counting*. Saat kendaraan melintasi garis virtual, data akan dicatat ke dalam basis data MySQL yang mencakup jenis kendaraan, tingkat akurasi, dan waktu deteksi. Informasi ini ditampilkan secara langsung melalui antarmuka pengguna berbasis *CustomTkinter*, yang juga dilengkapi fitur kontrol video, *snapshot*, dan rekap data total kendaraan. Dengan kemampuan ini, sistem mendukung kebutuhan pengelolaan data kendaraan untuk keperluan manajemen parkir di lingkungan Politeknik Negeri Bali.
- c. Meskipun sistem menunjukkan performa yang baik dalam pengujian menggunakan video rekaman, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengujian belum mencakup kondisi lingkungan dinamis seperti cuaca buruk, pencahayaan rendah, atau kepadatan lalu lintas tinggi, sehingga keandalannya dalam kondisi nyata belum dapat dipastikan sepenuhnya.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem yang telah dilakukan, terdapat dua hal yang dapat dijadikan saran untuk pengembangan lebih lanjut oleh peneliti berikutnya. Saran ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas sistem secara fungsional, teknis, maupun operasional agar dapat diimplementasikan dalam skala lebih luas.

- a. sistem deteksi dan penghitungan kendaraan berpotensi untuk diintegrasikan secara langsung dengan sistem pemantauan lahan parkir guna mendukung pengelolaan parkir. Dengan memanfaatkan data kendaraan yang terdeteksi keluar dan masuk, sistem dapat dikembangkan untuk menghitung jumlah slot parkir yang tersedia secara *real-time*. Informasi tersebut kemudian dapat ditampilkan dalam bentuk *dashboard* visual yang mudah diakses oleh pihak kampus maupun pengguna umum, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi parkir tanpa harus mengecek langsung ke lokasi. Pengembangan ini juga membuka peluang untuk diterapkannya kebijakan parkir digital, seperti sistem reservasi parkir atau pengaturan jadwal parkir berdasarkan tingkat kepadatan. Penggunaan Perangkat *Edge Computing* untuk implementasi nyata
- b. Sistem deteksi dan penghitungan kendaraan dapat diimplementasikan secara nyata di lapangan, disarankan untuk mengadaptasi sistem ini ke dalam platform *edge computing*. Saat ini sistem berjalan menggunakan komputer dengan spesifikasi tinggi (GPU RTX), namun untuk implementasi langsung di lingkungan kampus, sistem dapat dioptimalkan menggunakan perangkat *edge* seperti NVIDIA Jetson Nano, Jetson Xavier, atau Raspberry Pi yang dikombinasikan dengan Google Coral. Perangkat-perangkat ini memungkinkan proses deteksi dan pelacakan dilakukan langsung di dekat kamera (dekat titik pengamatan), tanpa memerlukan komputer pusat yang besar dan mahal. Selain itu, pendekatan ini juga mendukung pemrosesan dengan konsumsi daya rendah, serta memudahkan penerapan sistem dalam skala lebih besar atau pada lokasi yang memiliki keterbatasan infrastruktur.
- c. sistem deteksi dan penghitungan kendaraan agar dilakukan pengujian secara lebih menyeluruh dalam berbagai lingkungan dinamis, seperti saat terjadi perubahan cuaca (hujan, kabut), pencahayaan rendah (malam hari), serta kepadatan lalu lintas tinggi. Pengujian tersebut dapat memberikan gambaran lebih akurat terhadap ketahanan dan stabilitas sistem dalam menghadapi tantangan nyata di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Rekapitulasi Jumlah Mahasiswa dan Jumlah Lulusan di Perguruan Tinggi Negeri di Provinsi Bali - Politeknik Negeri Bali | Satu Data Indonesia Provinsi Bali,” *Baliprov.go.id*, 2023.
<https://balisatudata.baliprov.go.id/laporan/rekapitulasi-jumlah-mahasiswa-dan-jumlah-lulusan-di-perguruan-tinggi-negeri-di-provinsi-bali-politeknik-negeri-bali?year=2023&month=&date=> (accessed Dec. 20, 2024).
- [2] “Rekapitulasi Jumlah Mahasiswa dan Jumlah Lulusan di Perguruan Tinggi Negeri di Provinsi Bali - Politeknik Negeri Bali | Satu Data Indonesia Provinsi Bali,” *Baliprov.go.id*, 2022.
<https://balisatudata.baliprov.go.id/laporan/rekapitulasi-jumlah-mahasiswa-dan-jumlah-lulusan-di-perguruan-tinggi-negeri-di-provinsi-bali-politeknik-negeri-bali?year=2022&month=&date=> (accessed Dec. 20, 2024).
- [3] A. N. Faturrohman, S. H. Suryawan, and A. Rahim, “Pengembangan model klasifikasi kendaraan keluar masuk area parkir dengan algoritma YOLOV8,” *Teknika*, vol. 13, no. 3, pp. 370–379, Sep. 2024, doi: 10.34148/teknika.v13i3.992.
- [4] J. S. W. Hutauruk, T. Matulatan, and N. Hayaty, “Deteksi Kendaraan secara Real Time menggunakan Metode YOLO Berbasis Android,” *Jurnal Sustainable Jurnal Hasil Penelitian Dan Industri Terapan*, vol. 9, no. 1, pp. 8–14, May 2020, doi: 10.31629/sustainable.v9i1.1401.
- [5] W. Djuriatno, E. Eka Maulana, and C. Brilianto, “Aplikasi Pedeteksi Objek Kendaraan Menggunakan Intel Movidius Neural Compute Stick Dengan Algoritma Mobilenet-YOLO”, *jeeccis*, vol. 15, no. 3, pp. pp 92–97, Dec. 2021.
- [6] Santoso Adi Nugroho, Muhammad Kahfi, Mochammad Fidzri Akhbar Alamsyah, and Alice Natanael, “Studi Kasus Penggunaan YOLO dan OpenCV untuk MENDETEKSI JENIS KENDARAAN di JALAN”, *aidanspk*, vol. 2, no. 2, pp. 127–131, Aug. 2024.
- [7] A. H. Pratomo, W. Kaswidjanti, and S. Mu’arifah, “Implementasi algoritma Region of Interest (ROI) untuk meningkatkan performa algoritma deteksi dan klasifikasi kendaraan,” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 1, Feb. 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071.
- [8] A. T. J. Harjanta and F. M. Dewanto, “REAL TIME TRACKING OBYEK BERGERAK DENGAN WEBCAM BERBASIS WARNA DENGAN METODE BACKGROUND SUBTRACTION,” *Jurnal Transformatika*, vol. 15, no. 1, p. 1, Jul. 2017, doi: 10.26623/transformatika.v15i1.449.
- [9] Ch. V. Ratnam, “Intelligent Traffic System: YolOV8 and DeepSort in car detection, tracking and counting,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 12, no. 3, pp. 1838–1842, Mar. 2024, doi: 10.22214/ijraset.2024.59201.
- [10] Politeknik Negeri Bali, *Rencana Strategis Politeknik Negeri Bali Tahun 2020-2024*. Badung: Politeknik Negeri Bali, 2020.

- [11] M. Sohan, T. S. Ram, and Ch. V. R. Reddy, "A review on YOLOV8 and its advancements," *Algorithms for Intelligent Systems*, pp. 529–545, Jan. 2024, doi: 10.1007/978-981-99-7962-2_39.
- [12] I. N. E. Indrayana, M. Sudarma, I. K. G. D. Putra, and A. A. K. O. Sudana, "Improve nighttime highway vehicles and pedestrian detection using Yolov8+CLAHE," *International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, pp. 1–6, Oct. 2024, doi: 10.1109/icic64337.2024.10956682.
- [13] I. N. E. Indrayana, G. B. Subiksa, P. M. Prihatini, I. W. Suasnawa, and P. I. Ciptayani, "Yolo model for durian theft detection in night vision," in *Advances in engineering research/Advances in Engineering Research*, 2024, pp. 339–348. doi: 10.2991/978-94-6463-587-4_39.
- [14] R. Pereira, G. Carvalho, L. Garrote, and U. J. Nunes, "Sort and Deep-SORT Based Multi-Object Tracking for Mobile Robotics: Evaluation with New Data Association Metrics," *Applied Sciences*, vol. 12, no. 3, p. 1319, Jan. 2022, doi: 10.3390/app12031319.
- [15] S. M. A. Khan, "Waterfall model used in software development Reference: Software Requirements Engineering Waterfall Model," *ResearchGate*, Jun. 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.29580.69764.
- [16] N. Allawi, "What is the FlowChart," *ResearchGate*, May 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.25183.89767.
- [17] S. M. Pulungan, R. Febrianti, T. Lestari, N. Gurning, and N. Fitriana, "Analisis teknik Entity-Relationship Diagram dalam perancangan database," *Jurnal Ekonomi Manajemen Dan Bisnis (JEMB)*, vol. 1, no. 2, pp. 98–102, Feb. 2023, doi: 10.47233/jemb.v1i2.533.
- [18] R. Supriyanto and D. O. Siahaan, "Sistem Informasi anotasi Data Penelitian : Pengolahan data," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 13, no. 1, May 2024, doi: 10.12962/j23373539.v13i1.128602.
- [19] H. Haviluddin, "Memahami penggunaan UML (Unified Modelling Language)," *Informatika Mulawarman : Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 6, no. 1, pp. 1–15, Jun. 2016, doi: 10.30872/jim.v6i1.16.
- [20] A. Rayhan and D. Gross, "The rise of *Python*: A survey of recent research," *ResearchGate*, Sep. 2023, doi: 10.13140/RG.2.2.27388.92809.
- [21] A. F. AlShammari, "Implementation of model evaluation using *Confusion Matrix* in *Python*," *International Journal of Computer Applications*, vol. 186, no. 50, pp. 42–48, Nov. 2024, doi: 10.5120/ijca2024924236.