

RANCANGAN SISTEM KLASIFIKASI KENDARAAN BERBASIS KAMERA UNTUK ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS LINGKUNGAN KAMPUS

Muhammad Asep Subandri¹⁾, Muhammad Idham²⁾, dan Lizar³⁾

¹⁾Teknik Informatika, Politeknik Negeri Bengkalis

²⁾Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis

³⁾ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis

E-mail: subandri@polbeng.ac.id

Abstract

Traffic congestion in campus environments frequently leads to delays, safety risks, and increased pollution. This study aims to design and test a vehicle classification system based on Power over Ethernet (PoE) cameras utilizing the YOLOv8 algorithm for real-time traffic monitoring in a campus setting. The system integrates edge computing for vehicle detection and classification, coupled with cloud-based dashboard visualization for long-term data analysis. Initial testing was conducted on a residential street as a simulation, using a PoE camera with a resolution of 1920×1080 pixels and a frame rate of 30 fps. The results demonstrated the system's ability to detect and classify cars and motorcycles with confidence scores ranging from 0.51 to 0.79, identifying a total of 12 vehicles (2 cars and 10 motorcycles) over a 30-minute observation period. The average processing latency of 80 ms supports real-time operation, although challenges such as occlusion and low-speed estimation require further refinement. This study highlights the system's potential to enhance campus traffic management, with recommendations for future development including model training with local datasets, testing under varied conditions, and integrating predictive analytics.

Keywords: *vehicle classification, YOLOv8, PoE camera, edge computing, cloud dashboard, campus traffic management*

PENDAHULUAN

Kepadatan lalu lintas di lingkungan kampus merupakan permasalahan yang sering terjadi, terutama pada jam sibuk seperti saat mahasiswa, dosen, dan staf memulai atau mengakhiri aktivitas akademik. Jalan utama di area kampus sering kali berfungsi sebagai jalur umum, yang dilewati oleh berbagai jenis kendaraan seperti sepeda motor, mobil pribadi, bus, hingga truk pengangkut barang. Kompleksitas arus lalu lintas ini menyebabkan kemacetan, keterlambatan aktivitas, penurunan tingkat keselamatan, serta peningkatan polusi udara dan kebisingan. Fenomena ini tidak hanya mengganggu efisiensi operasional kampus, tetapi juga berdampak pada kenyamanan dan kesehatan civitas akademika. Seiring perkembangan teknologi visi komputer, pemantauan lalu lintas telah bertransisi dari metode konvensional seperti observasi manual atau analisis rekaman video pasif menuju sistem otomatis berbasis kecerdasan buatan. Salah satu algoritma terkini yang banyak digunakan adalah YOLO (You Only Look Once), yang dikenal mampu mendeteksi dan mengklasifikasi objek secara real-

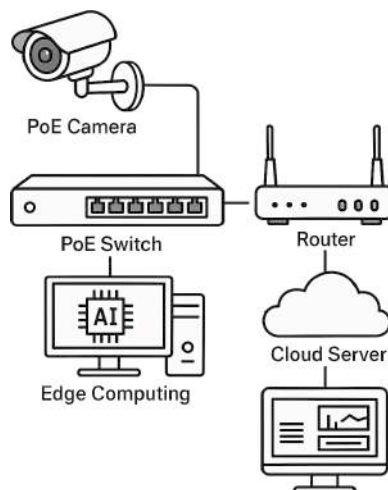
time dengan akurasi tinggi (Hussain, 2023). Berbagai studi telah membuktikan keberhasilan YOLO dalam mengidentifikasi kendaraan, menghitung jumlahnya, dan bahkan memperkirakan kecepatan di lingkungan perkotaan. Namun, penerapan teknologi ini pada lingkungan kampus, yang memiliki karakteristik lalu lintas lebih terbatas dan heterogen, masih jarang dieksplorasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji coba arsitektur sistem klasifikasi kendaraan berbasis kamera Power over Ethernet (PoE) dengan algoritma YOLOv8, yang diintegrasikan dengan pemrosesan *edge computing* dan visualisasi data melalui dashboard berbasis cloud. Sistem ini dirancang untuk memberikan data lalu lintas yang akurat, real-time, dan mudah diakses, yang dapat mendukung pengambilan kebijakan manajemen transportasi di lingkungan kampus. Uji coba awal dilakukan pada lingkungan terbatas untuk memvalidasi fungsi dasar sistem, dengan harapan hasilnya dapat menjadi landasan untuk implementasi skala penuh.

Algoritma YOLO, yang pertama kali diperkenalkan oleh Redmon et al. (2015), merupakan pendekatan deteksi objek satu tahap (*single-stage detection*) yang mengintegrasikan proses lokalisasi dan klasifikasi dalam satu jaringan saraf konvolusional (*convolutional neural network/CNN*). Berbeda dengan metode dua tahap seperti R-CNN, YOLO menawarkan kecepatan pemrosesan yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi real-time. Versi-versi terbaru seperti YOLOv7 dan YOLOv8 menghadirkan peningkatan signifikan dalam akurasi, efisiensi komputasi, dan kemampuan menangani variasi kondisi lingkungan, termasuk pencahayaan rendah dan kepadatan lalu lintas tinggi (Wojciechowski et al., 2024). Penelitian oleh Zhang et al. (2023) menunjukkan bahwa YOLOv7 dapat mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan di lingkungan perkotaan dengan akurasi hingga 94%, bahkan pada kondisi lalu lintas yang kompleks. Sementara itu, Wu et al. (2024) memanfaatkan YOLOv8 dengan *edge computing* untuk memproses video secara real-time, mencapai latensi rendah di bawah 100 ms per frame pada lingkungan tambang. Bisht et al. (2025), Daniel dan Tiwari (2024), serta Saklani et al. (2025) melakukan studi potensi YOLO untuk aplikasi pemantauan lalu lintas, tetapi fokusnya sebagian besar terbatas pada lingkungan perkotaan berskala besar. Lingkungan kampus memiliki karakteristik lalu lintas yang berbeda, seperti volume kendaraan yang lebih rendah, variasi jenis kendaraan yang lebih terbatas, dan pola pergerakan yang dipengaruhi oleh jadwal akademik. Penelitian serupa di lingkungan kampus masih terbatas, sehingga diperlukan sistem yang dirancang khusus untuk menangkap karakteristik ini. Selain itu, integrasi teknologi PoE, yang memungkinkan transmisi data dan daya melalui satu kabel Ethernet, menawarkan efisiensi instalasi dan

skalabilitas sistem. Kombinasi PoE, *edge computing*, dan visualisasi berbasis *cloud* memberikan peluang untuk menciptakan sistem yang tidak hanya akurat tetapi juga hemat biaya dan mudah dikelola.

METODE PENELITIAN

Rancangan sistem yang diusulkan terdiri dari beberapa komponen utama: (1) kamera PoE sebagai perangkat pengambil data video, (2) switch PoE untuk distribusi daya dan data, (3) router untuk koneksi jaringan, (4) komputer inferensi berbasis *edge computing* untuk pemrosesan data, dan (5) server cloud untuk penyimpanan dan visualisasi data. Kamera PoE dipilih karena kemampuannya mengurangi kebutuhan kabel tambahan, sehingga mempermudah instalasi dan pemeliharaan. Video yang diambil oleh kamera dikirim melalui jaringan Ethernet ke komputer inferensi, yang menjalankan algoritma YOLOv8 untuk mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan. YOLOv8 dilatih menggunakan dataset publik seperti COCO dan dataset khusus kendaraan (misalnya, KITTI atau Open Images), yang mencakup kategori seperti sepeda motor, mobil, bus, dan truk. Hasil deteksi berupa label jenis kendaraan, jumlah kendaraan, estimasi kecepatan berdasarkan pergerakan piksel antar frame, dan tingkat kepercayaan (*confidence score*) disimpan dalam basis data lokal menggunakan SQLite. Data ini kemudian diunggah ke server cloud melalui protokol aman (HTTPS) untuk diolah dan divisualisasikan melalui dashboard berbasis web, yang dibangun menggunakan framework seperti Flask atau Django. Dashboard ini memungkinkan pengguna untuk memantau statistik lalu lintas secara real-time, termasuk jumlah kendaraan per kategori, pola kepadatan, dan tren harian. Gambar 1 berikut menunjukkan rancangan topologi sistem yang diusulkan.

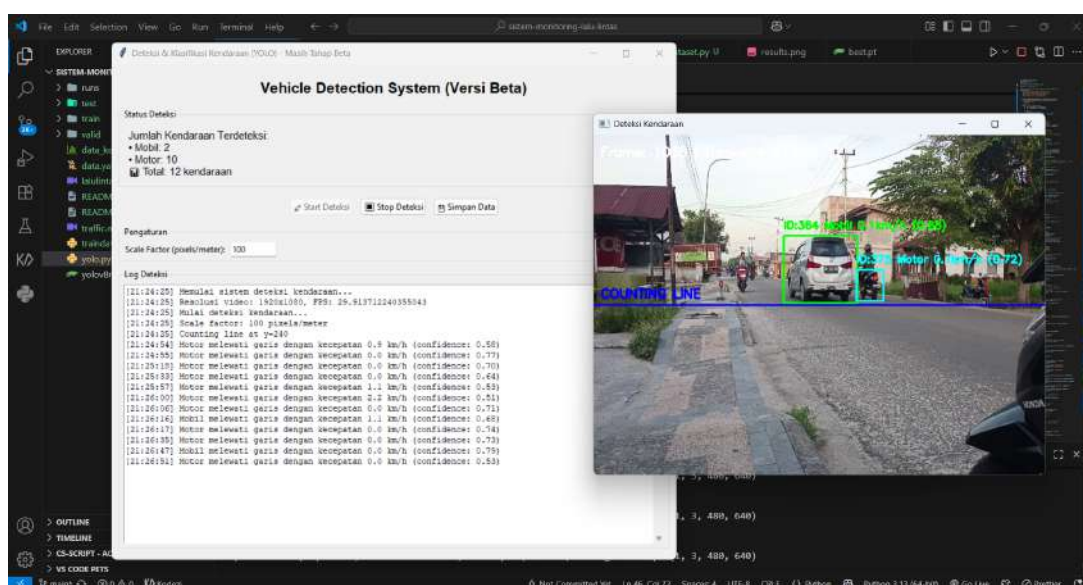


Gambar 1. Gambaran umum topologi sistem

Pengujian awal dilakukan di jalan depan rumah sebagai simulasi lingkungan lalu lintas kampus. Kamera PoE dipasang pada ketinggian 2 meter dengan sudut kemiringan 45 derajat untuk menangkap arus kendaraan dari satu arah. Resolusi video ditetapkan pada 1920×1080 piksel dengan frame rate 30 fps untuk memastikan kualitas gambar yang memadai. Parameter skala ditentukan sebesar 100 piksel per meter untuk estimasi kecepatan, dan garis penghitungan (*counting line*) ditempatkan secara horizontal pada posisi tetap di tengah frame video untuk menghitung jumlah kendaraan yang melintas. Pengujian dilakukan pada siang hari dengan kondisi pencahayaan alami (intensitas cahaya sekitar 500–1000 lux) untuk meminimalkan gangguan akibat bayangan atau refleksi. Data uji dikumpulkan selama 30 menit, dan performa sistem dievaluasi berdasarkan akurasi deteksi, tingkat kepercayaan, dan latensi pemrosesan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji coba awal menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan secara real-time dengan performa yang memadai. Selama periode pengamatan 30 menit, sistem mendeteksi total 12 kendaraan yang melintas, terdiri dari 2 mobil dan 10 sepeda motor. Setiap deteksi disertai dengan informasi tambahan, yaitu estimasi kecepatan (berkisar antara 5–20 km/jam) dan tingkat kepercayaan (*confidence score*) antara 0,51 hingga 0,79. Latensi pemrosesan rata-rata per frame adalah sekitar 80 ms, yang cukup rendah untuk mendukung pemantauan real-time. Gambar 2 menunjukkan hasil pengujian awal yang berhasil mendeteksi dan mengklasifikasi jenis kendaraan.



Gambar 2. Uji coba awal

Performa sistem pada kondisi siang hari menunjukkan hasil yang cukup memuaskan, dengan kemampuan mendeteksi kendaraan tanpa hambatan signifikan. Namun, beberapa tantangan teridentifikasi. Pertama, estimasi kecepatan kendaraan cenderung rendah karena lokasi uji berada dekat persimpangan, di mana kendaraan sering melambat atau berhenti. Hal ini menunjukkan perlunya penyesuaian posisi kamera atau algoritma estimasi kecepatan untuk lingkungan dengan pola pergerakan tidak konstan. Kedua, fenomena occlusion, di mana kendaraan yang lebih besar (misalnya, mobil) menutupi kendaraan yang lebih kecil (misalnya, sepeda motor), menyebabkan beberapa deteksi gagal atau memiliki tingkat kepercayaan rendah. Jika dibandingkan dengan penelitian Zhang et al. (2023), yang mencapai akurasi 94% pada lingkungan perkotaan, akurasi sistem ini masih lebih rendah (diperkirakan sekitar 70–80% berdasarkan tingkat kepercayaan). Hal ini dapat dijelaskan oleh dua faktor: (1) model YOLOv8 yang digunakan belum dioptimalkan dengan data pelatihan lokal yang mencerminkan karakteristik lingkungan uji, dan (2) skala pengujian yang masih terbatas baik dari segi jumlah data maupun variasi kondisi. Meski demikian, keunggulan sistem ini terletak pada integrasi dengan infrastruktur PoE dan cloud, yang memungkinkan pengumpulan data jangka panjang dan analisis tren untuk mendukung pengambilan kebijakan transportasi.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem klasifikasi kendaraan berbasis kamera PoE dengan algoritma YOLOv8, yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasi kendaraan secara real-time di lingkungan terbatas. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem dapat mengenali mobil dan sepeda motor dengan tingkat kepercayaan di atas 50%, dengan latensi pemrosesan yang mendukung operasi real-time. Integrasi dengan dashboard berbasis cloud memungkinkan visualisasi data yang informatif dan akses yang fleksibel, menjadikan sistem ini potensial untuk diterapkan dalam manajemen lalu lintas kampus.

Beberapa keterbatasan yang teridentifikasi, seperti rendahnya akurasi deteksi akibat occlusion dan kurangnya data pelatihan lokal, perlu diatasi pada penelitian lanjutan. Berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan sistem:

1. Pelatihan Model dengan Data Lokal: Melatih ulang model YOLOv8 menggunakan dataset yang dikumpulkan dari lingkungan kampus untuk meningkatkan akurasi deteksi pada kondisi lokal.

2. Variasi Kondisi Pengujian: Melakukan uji coba pada berbagai waktu (siang, malam, dan senja), kondisi cuaca (cerah, hujan, berkabut), dan lokasi di lingkungan kampus untuk mengevaluasi robustitas sistem.
3. Penanganan Occlusion: Mengintegrasikan teknik seperti multi-view detection atau algoritma pelacakan objek (object tracking) untuk mengatasi masalah occlusion.
4. Analisis Prediktif: Menambahkan modul analisis berbasis machine learning untuk memprediksi pola kepadatan lalu lintas berdasarkan data historis, yang dapat mendukung perencanaan kebijakan transportasi kampus.
5. Optimalisasi Estimasi Kecepatan: Menyesuaikan algoritma estimasi kecepatan untuk lingkungan dengan pergerakan kendaraan tidak konstan, misalnya dengan menggunakan teknik kalibrasi berbasis multi-frame.

Dengan implementasi saran-saran tersebut, sistem ini berpotensi menjadi solusi efektif untuk pemantauan dan manajemen lalu lintas di lingkungan kampus, sekaligus memberikan kontribusi pada pengembangan kampus yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bisht, A., Sen, K., Jain, N., Sharma, R., , P., & Shivahare, B. (2025). Safe and Reliable Live-Streaming Traffic Monitoring System using OpenCV and YOLOv8. 2025 International Conference on Pervasive Computational Technologies (ICPCT), 639-644. <https://doi.org/10.1109/ICPCT64145.2025.10941244>.
- Daniel, M., & Tiwari, D. (2024). Advanced Traffic Monitoring and Enforcement using YOLOv8. International Journal of Research Publication and Reviews. <https://doi.org/10.55248/gengpi.5.0124.0236>.
- Hussain, M. (2023). YOLO-v1 to YOLO-v8, the Rise of YOLO and Its Complementary Nature toward Digital Manufacturing and Industrial Defect Detection. *Machines*. <https://doi.org/10.3390/machines11070677>.
- Redmon, J., Divvala, S. K., Girshick, R., & Farhadi, A. (2015). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. arXiv preprint arXiv:1506.02640.
- Saklani, S., Manchanda, M., Sharma, R., & Singh, D. (2025). Real-Time Traffic Management System Using YOLOv8 and CNN: A Deep Learning Approach with IoT Integration. 2025 First International Conference on Advances in Computer Science, Electrical,

- Electronics, and Communication Technologies (CE2CT), 645-651.
<https://doi.org/10.1109/CE2CT64011.2025.10939584>.
- Wojciechowski, W., Nowakowska, L. M., Zając, Z., Kaczmarek, W., & Boz, I. (2024). YOLOv7 versus YOLOv8: A Comparative Study on Traffic Sign Detection Accuracy in Real-World Images. *IEEE Conference Proceedings*.
<https://doi.org/10.1109/idap64064.2024.10710941>.
- Wu, J., Zheng, R., Jiang, J., Tian, Z., Chen, W., Wang, Z., Yu, F., & Leung, V. (2024). A Lightweight Small Object Detection Method Based on Multilayer Coordination Federated Intelligence for Coal Mine IoVT. *IEEE Internet of Things Journal*, 11, 20072-20087. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2024.3373028>.
- Zhang, Y., Sun, Y., Wang, Z., & Jiang, Y. (2023). YOLOv7-RAR for Urban Vehicle Detection. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23. <https://doi.org/10.3390/s23041801>.