

SKRIPSI

**SISTEM PENGHITUNG PENGUNJUNG DENGAN
METODE *YOU ONLY LOOK ONCE* PADA CCTV DI
*ANOM COFFEE***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Rizky Aris Zacky
NIM. 2115354032

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

ABSTRAK

Kemajuan teknologi informasi dan kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang *computer vision*, telah mendorong pengembangan sistem pemantauan berbasis kamera yang mampu mendeteksi dan menghitung jumlah orang secara otomatis. Sistem ini semakin dibutuhkan di berbagai ruang publik seperti kafe, pusat perbelanjaan, dan area komunitas untuk mendukung pengelolaan kapasitas, pelayanan pelanggan, serta pengambilan keputusan berbasis data.

Penelitian ini mengembangkan sistem penghitung pengunjung otomatis dengan memanfaatkan algoritma YOLO11 sebagai model deteksi objek, yang difokuskan untuk mengenali objek manusia dari rekaman video CCTV. Proses deteksi dilakukan dengan memanfaatkan *bounding box* hasil keluaran model YOLO, dan menentukan arah pergerakan objek berdasarkan interaksi terhadap area poligon yang telah ditentukan. Seluruh proses logika pendeteksian dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dan ditampilkan melalui antarmuka web berbasis Django. Data jumlah pengunjung disimpan secara berkala ke dalam basis data, lalu divisualisasikan dalam bentuk grafik dan statistik harian agar mudah dianalisis oleh pengguna.

Model pra-latih YOLO11n dapat mencapai *precision* 100%, *recall* sebesar 76,67%, F1-score 86,81%, dan *accuracy* 76,67%. Sistem juga mampu berjalan hingga 68 *frame* per detik dengan latensi rata-rata 15 ms ketika dijalankan pada perangkat dengan GPU Cuda. Pengujian terhadap beberapa skenario menunjukkan akurasi tinggi pada kondisi tidak padat, namun menurun ketika tiga orang melintas bersamaan akibat tumpang tindih objek. Sistem ini mampu memberikan informasi jumlah pengunjung dan okupansi secara akurat, sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan ruang publik.

Kata Kunci: YOLOv11, *People Counting*, CCTV, Deteksi Objek, *Real-time*

ABSTRACT

The advancement of information technology and artificial intelligence, particularly in the field of computer vision, has driven the development of camera-based monitoring systems capable of automatically detecting and counting people. Such systems are increasingly needed in public spaces such as cafes, shopping centers, and community areas to support capacity management, customer service, and data-driven decision-making.

This research develops an automatic people counting system utilizing the YOLO11 algorithm as an object detection model, focusing on the identification of human objects from CCTV video footage. Detection is performed by leveraging the bounding boxes generated by YOLO and determining object movement direction based on interactions with predefined polygonal areas. The entire detection logic is implemented using the Python programming language and presented through a Django-based web interface. Visitor count data is periodically stored in a database and visualized in the form of daily graphs and statistics for easier user interpretation.

The pre-trained YOLO11n model achieved a precision of 100%, a recall of 76.67%, an F1-score of 86.81%, and an accuracy of 76.67%. The system is also capable of running at up to 68 frames per second with an average latency of 15 ms when executed on a GPU-enabled device with CUDA support. Tests across various scenarios demonstrated high accuracy in non-crowded conditions, though performance decreased when three people passed simultaneously due to overlapping objects. This system is able to provide accurate information on visitor counts and occupancy, making it a valuable tool for decision-making in public space management.

Keywords: YOLOv11, People Counting, CCTV, Object Detection, Real-time

DAFTAR ISI

Halaman Persetujuan Ujian Skripsi	i
Halaman Pengesahan Skripsi.....	ii
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Skripsi	iii
Abstrak.....	iv
Kata Pengantar	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
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	3
1.6. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. People Counting.....	8
2.2.2. Object Detection	9
2.2.3. Computer Vision	10
2.2.4. YOLO (You Only Look Once)	10
2.2.5. YOLOv11	15
2.2.6. CCTV (Closed Circuit Television)	16
2.2.7. Confusion Matrix.....	16
2.2.8. Dataset COCO (Common Object in Context)	17
2.2.9. FPS (Frames per Second)	18
2.2.10. Latency.....	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1. Objek dan Metode Penelitian.....	19
3.1.1. Objek Penelitian.....	19
3.1.2. Metode Pengumpulan Data.....	19

3.2.	Analisis Kondisi Eksisting.....	19
3.3.	Perancangan Sistem	21
3.3.1.	Perancangan Perangkat Keras.....	21
3.3.2.	Perancangan Kecerdasan Buatan	22
3.3.3.	Perancangan Sistem Utama	23
3.3.4.	Perancangan Database	24
3.3.5.	Kebutuhan Perangkat Keras dan Lunak.....	25
3.4.	Dataset	26
3.5.	Pengujian Penelitian	26
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1.	Hasil Implementasi Sistem	27
4.1.1.	Implementasi Alat	27
4.1.2.	Implementasi Aplikasi	27
4.1.3.	Implementasi Penyimpanan data	32
4.2.	Hasil Pengujian Sistem	34
4.2.1.	Pengujian Akurasi Perhitungan Pengunjung.....	34
4.2.2.	Pengujian Performa Sistem pada Perangkat Berbeda.....	40
4.3.	Pembahasan	41
4.3.1.	Analisis Implementasi Sistem.....	41
4.3.2.	Analisis Hasil Pengujian.....	42
BAB V	PENUTUP	46
5.1.	Kesimpulan	46
5.2.	Saran	46
LAMPIRAN		52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Literatur	7
Tabel 2.2 Perbandingan performa tiap model YOLO	15
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Satu Orang	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dua Orang	37
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Tiga Orang	38
Tabel 4.4 Pengujian pada Perangkat Berbeda.....	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perkembangan <i>Object Detection</i>	9
Gambar 2.2 Multi Disiplin <i>Computer Vision</i>	10
Gambar 2.3 Pemrosesan Gambar pada YOLO	11
Gambar 2.4 Model YOLO	11
Gambar 2.5 Arsitektur YOLO.....	12
Gambar 2.6 Timeline model YOLO	14
Gambar 2.7 Perbandingan performa tiap model YOLO	15
Gambar 2.8 <i>Confusion Matrix</i>	16
Gambar 3.1 Proses Penghitungan Pengunjung yang Telah Ada	20
Gambar 3.2 Perancangan Perangkat Keras	21
Gambar 3.3 Perancangan Proses Penghitung Pengunjung	22
Gambar 3.4 Perancangan Sistem Utama.....	23
Gambar 3. 5 Perancangan Database	24
Gambar 4.1 Model kecerdasan buatan.....	27
Gambar 4.2 Kode Inisiasi Kelas	28
Gambar 4.3 Kode Pengambilan <i>Bounding Box</i>	28
Gambar 4.4 Kode Perhitungan Orang.....	29
Gambar 4.5 Halaman <i>Login</i>	30
Gambar 4.6 Halaman <i>Dashboard</i> Statistik	31
Gambar 4.7 Halaman Kamera	32
Gambar 4.8 Halaman Pengaturan	32
Gambar 4.9 Kode Pembaruan Data Tiap Menit.....	33
Gambar 4.10 Kode Penyimpanan Data Setiap Jam	34
Gambar 4.11 Gangguan Teknis.....	35
Gambar 4.12 Skenario Uji Satu Orang	36
Gambar 4.13 Skenario Uji Dua Orang.....	37
Gambar 4.14 Hasil Pengujian Performa	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi informasi dan kecerdasan buatan telah berkembang pesat dan dimanfaatkan di berbagai sektor. Teknologi ini dirancang untuk membantu manusia dengan meringankan tugas serta mengotomatisasi pekerjaan. Dengan kecerdasan buatan, banyak pekerjaan yang sebelumnya dikerjakan manusia kini dapat ditangani oleh mesin [1]. Seiring berkembangnya teknologi, sistem kamera pengawas pada tempat umum dapat digunakan untuk beberapa tujuan seperti menghitung jumlah orang, memantau pergerakan orang, mencatat waktu, dan dalam beberapa kasus dapat membantu mengidentifikasi tindakan kriminal.

Pemantauan dan penghitungan jumlah orang atau biasa dikenal dengan *people counting* di tempat publik telah menjadi topik yang menarik perhatian dengan semakin bertambahnya populasi global, terutama pada kota besar di dunia [2]. Sistem deteksi dan penghitung orang dianggap salah satu tugas penting dalam aplikasi sistem pengawas untuk banyak tempat publik seperti pusat perbelanjaan, transportasi publik, bandara, kampus, perpustakaan dan lain-lain. Karena mencakup berbagai penggunaan yang beragam, bidang ini dianggap sebagai salah satu topik penelitian yang aktif [3].

Model *object detection* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah YOLO (*You Only Look Once*). Model YOLO digunakan karena merupakan salah satu metode *deep learning* yang dirancang untuk hal pendeteksian objek yang ditargetkan untuk pemrosesan secara *real-time* [4], [5]. Diantara berbagai algoritma deteksi objek, YOLO dikenal dengan kecepatan dan keakuratannya untuk melakukan tugas identifikasi objek pada gambar secara cepat dan tepat [6]. Arsitektur jaringan *Convolutional Neural Network* (CNN) tunggal digunakan oleh model YOLO untuk melakukan klasifikasi dan membatasi objek dengan kotak pembatas [7].

Anom *Coffee* merupakan salah satu kafe kopi yang berlokasi di Denpasar, Bali, yang menawarkan suasana nyaman dan unik melalui kolaborasinya dengan BD *Cardshop* Bali, menciptakan konsep *easy to eat and play*. Selain menjadi tempat favorit untuk menikmati kopi dan bermain, Anom Coffee juga dikenal sebagai lokasi yang mendukung berbagai kegiatan komunitas. Beberapa komunitas yang rutin mengadakan *gathering* di Anom *Coffee* antara lain 10 *Hit Fighting Game Club*, yang berfokus pada *game*

pertarungan, dan Komunitas TCG Bali, yang merupakan para penggemar *trading card games*. Dengan atmosfer yang ramah dan mendukung interaksi sosial, Anom Coffee tidak hanya menjadi tempat bersantai tetapi juga ruang kolaborasi bagi komunitas. Saat ini, Anom Coffee belum memiliki sistem yang mampu memantau jumlah kunjungan secara langsung, bahkan belum memasang CCTV untuk mendukung pengawasan area kafe. Pemantauan hanya dilakukan berdasarkan data pembelian pada sistem kasir, sehingga tidak mencerminkan jumlah sebenarnya dari pengunjung yang berada di Anom Coffee. Keterbatasan ini menimbulkan kebutuhan akan sistem yang dapat memantau pengunjung secara *real-time*, sehingga pengelola dapat mengambil keputusan yang lebih tepat dalam mengelola kapasitas tempat, meningkatkan pelayanan pelanggan, dan merencanakan strategi bisnis berdasarkan data yang akurat.

Untuk mengatasi permasalahan yang ditemukan dalam observasi, peneliti menawarkan solusi berupa pengembangan sistem penghitung pengunjung menggunakan metode YOLO. Sistem ini dirancang dengan memanfaatkan kamera CCTV yang dipasang di area Anom Coffee untuk melakukan tugas deteksi dan perhitungan pengunjung secara *real-time*. Penelitian terdahulu melakukan perbandingan kinerja antara tiga model *object detection*, yaitu SSD, *Faster R-CNN*, dan YOLOv1 sampai YOLOv8 untuk tugas *people counting*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa YOLOv8 unggul dengan tingkat akurasi tertinggi sebesar 90% dan nilai F1 0.93 [8]. Dengan pertimbangan tersebut, penggunaan model YOLO akan relevan untuk menciptakan sistem penghitung pengunjung yang dapat memproses video dari kamera CCTV secara *real-time*. Data yang diperoleh akan ditampilkan secara visual melalui halaman *website*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang dapat menghitung jumlah pengunjung yang masuk dan keluar dari suatu area tertentu beserta tingkat okupansinya untuk ditampilkan ke halaman *website* melalui kamera CCTV. Informasi dari perhitungan orang dapat sangat berguna dan signifikan oleh pihak pengelola tempat karena informasi tersebut dapat digunakan untuk analisis kunjungan pelanggan secara *real-time*, yang mana dapat dimanfaatkan oleh pihak pengelola tempat untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas kerja atau layanan yang disediakan [9].

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan, dapat dirumuskan beberapa masalah utama dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem yang mampu mendeteksi serta menghitung jumlah pengunjung yang masuk dan keluar dari *Anom Coffee* menggunakan kamera CCTV dengan metode YOLO?
- b. Bagaimana sistem dapat mencatat waktu dan jumlah pengunjung yang masuk dan keluar?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus pembahasan agar tidak terlalu luas, diperlukan batasan-batasan masalah yang dirumuskan sebagai berikut:

- a. Sistem dapat mendeteksi dan menghitung objek orang.
- b. Sistem dapat melihat informasi berupa statistik jumlah orang masuk, orang keluar, dan okupansi pada kurun waktu yang ditentukan.
- c. Sistem dapat diintegrasikan dengan AI menggunakan model YOLO untuk melakukan *object detection*.

1.4. Tujuan Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi dan menghitung pengunjung yang masuk dan keluar dari *Anom Coffee* menggunakan kamera CCTV dengan metode YOLO sebagai model deteksi objek
- b. Untuk mendapatkan catatan mengenai data waktu serta jumlah pengunjung yang masuk dan keluar, dan menampilkannya pada *website*

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat secara akademik dan aplikatif yang dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Secara akademik, penelitian ini dapat memberikan manfaat dengan berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang kecerdasan buatan dan pengolahan citra digital. Dengan menggunakan metode YOLO versi terbaru yaitu YOLOv11, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi serupa di masa depan, khususnya dalam pengelolaan data pengunjung secara *real-time*.

- b. Secara aplikatif, penelitian ini dapat bermanfaat untuk memberikan solusi efektif untuk perhitungan kunjungan otomatis bagi pengelolaan tempat umum. Dengan fitur pendeteksian dan penghitungan jumlah orang masuk dan keluar, sistem ini membantu memantau okupansi tempat secara *real-time*. Informasi ini dapat sangat bermanfaat bagi Anom Coffee untuk memantau kepadatan ruang, mengembangkan dan meningkatkan kualitas kerja atau layanan yang disediakan.

1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini disusun secara sistematis agar pembahasan tersaji runtut dan mudah dipahami. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan penelitian sebelumnya yang berisikan tentang hasil-hasil penelitian yang sudah dilakukan, dan terdapat juga landasan teori yang membahas tentang *People Counting*, *Object Detection*, *Computer Vision*, *YOLO (You Only Look Once)*, *YOLOv11*, *CCTV (Closed Circuit Television)*, *Confusion Matrix*, serta Dataset COCO (*Common Object in Context*).

BAB III METODE PENELITIAN

Menjabarkan tentang metode penelitian yang digunakan penulis, meliputi objek dan metode penelitian, analisis kondisi eksisting, perancangan sistem, dataset, dan pengujian penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan hasil implementasi sistem dan analisisnya. Bagian ini diawali dengan pemaparan hasil implementasi sistem, dilanjutkan dengan hasil pengujian dan diakhiri dengan pembahasan

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian serta saran masukan untuk pengembangan lebih lanjut

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem penghitung pengunjung menggunakan kamera CCTV dengan metode YOLOv11 yang mampu mendeteksi serta menghitung jumlah orang yang masuk dan keluar dari area pemantauan di Anom Coffee secara *real-time*. Sistem ini juga dapat mencatat waktu dan jumlah pengunjung secara otomatis, kemudian menampilkan data tersebut dalam bentuk grafik kunjungan harian melalui antarmuka *website* yang menggunakan *framework* Django. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki performa yang cukup baik dengan nilai *precision* mencapai 100%, *recall* 76,67%, *F1-score* 86,81%, dan akurasi 76,67%. Selain itu, performa *real-time* sistem terbukti sangat bergantung pada spesifikasi perangkat keras, di mana perangkat dengan GPU menghasilkan FPS dan latensi yang jauh lebih baik dibandingkan perangkat tanpa GPU.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran dapat diajukan untuk meningkatkan kinerja sistem penghitung pengunjung dengan model YOLO11 dan pengembangan lebih lanjut. Saran-saran tersebut antara lain:

1. **Melakukan *fine-tuning* model YOLOv11 pada dataset khusus.**
Untuk meningkatkan akurasi sistem, disarankan untuk melakukan pelatihan ulang (*fine-tuning*) model YOLOv11 dengan dataset yang lebih relevan dan spesifik terhadap kondisi lapangan, seperti sudut pandang kamera, kondisi pencahayaan, dan variasi pakaian atau postur pengunjung. *Fine-tuning* dengan data nyata dari lokasi target dapat membantu model mengenali objek dengan lebih akurat, terutama dalam kondisi tumpang tindih atau keramaian yang menjadi penyebab utama kesalahan deteksi pada penelitian ini.
2. **Menggunakan perangkat dengan kemampuan komputasi lebih tinggi.**
Gunakan desktop atau server yang dilengkapi GPU yang memiliki dukungan CUDA agar mampu menjalankan model dengan fps lebih tinggi dan latensi rendah, sehingga sistem lebih responsif dan cocok untuk kebutuhan *real-time*.
3. **Memanfaatkan perangkat *edge computing*.** Penggunaan perangkat *edge computing* seperti NVIDIA Jetson Nano atau Raspberry Pi 5 sangat

direkomendasikan karena perangkat tersebut memiliki GPU khusus yang di desain untuk inferensi model kecerdasan buatan sehingga sistem dapat berjalan lancar untuk kebutuhan *real-time*

4. **Menyiapkan infrastruktur jaringan yang stabil.** Untuk menghindari kendala seperti yang terjadi pada penelitian ini, yaitu gangguan koneksi RTSP dari CCTV, perlu dipastikan bahwa sistem dan lokasi memiliki jaringan lokal yang stabil. Penggunaan jaringan kabel (LAN) lebih disarankan dibandingkan jaringan nirkabel untuk menjamin kestabilan koneksi video *streaming*.
5. **Mengembangkan lebih lanjut fitur analitik.** Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur analitik seperti klasifikasi wajah atau pakaian untuk membedakan antara pengunjung dan pegawai menggunakan model tambahan. Dengan adanya identifikasi tersebut, sistem juga dapat diperluas untuk mencatat data kehadiran atau waktu masuk pegawai secara otomatis. Saran pengembangan tidak hanya meningkatkan fungsi sistem, tetapi juga dapat meningkatkan nilai informasi dalam bentuk data operasional bagi pemilik usaha atau pengelola tempat publik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. N. A. Thohari, A. Karima, A. W. Wibowo, and K. Santoso, "Sistem Penghitung Jumlah Orang Menggunakan Metode SSD-MobileNet dan Centroid Tracking People Counting System Using SSD-MobileNet and Centroid Tracking Methods," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 10, pp. 1–10, 2022, doi: 10.14710/jtsiskom.2022.xxxxx.
- [2] M. Pervaiz, Y. Y. Ghadi, M. Gochoo, A. Jalal, S. Kamal, and D. S. Kim, "A smart surveillance system for people counting and tracking using particle flow and modified som," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 10, May 2021, doi: 10.3390/su13105367.
- [3] M. Ahmad, I. Ahmed, K. Ullah, and M. Ahmad, "A Deep Neural Network Approach for Top View People Detection and Counting," in *2019 IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, IEEE, Oct. 2019, pp. 1082–1088.
- [4] A. T. Muharram, A. A. Suhandana, and N. Marcheta, "Rancang Bangun Sistem Deteksi Keramaian Berbasis Internet Of Things dalam mencegah penyebaran Covid-19," *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer*, vol. 8, no. 1, pp. 40–52, Mar. 2022, doi: 10.37012/jtik.v8i1.733.
- [5] J. H. Sri Wisna *et al.*, "Deteksi Kendaraan Secara Real Time Menggunakan Metode YOLO Berbasis Android," *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, vol. 09, no. 01, pp. 8–14, May 2020.
- [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," Dec. 01, 2023, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/make5040083.
- [7] R. H. Pramestya, "DETEKSI DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN ASPAL MENGGUNAKAN METODE YOLO BERBASIS CITRA DIGITAL," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2018.
- [8] D. Kalita, A. K. Talukdar, S. Deka, and K. K. Sarma, "Vision-Based People Counting System for Indoor and Outdoor Environments using different Deep Learning Models," in *2024 IEEE International Conference on Computer Vision and Machine Intelligence (CVMI)*, 2024, pp. 1–6. doi: 10.1109/CVMI61877.2024.10782123.
- [9] A. de S. Inácio, R. H. Ramos, and H. S. Lopes, "Deep Learning for People Counting in Videos by Age and Gender," *Associação Brasileira de Inteligência Computacional - ABRICOM*, Nov. 2021, pp. 1–6. doi: 10.21528/cbic2021-53.
- [10] M. Cruz, J. J. Keh, R. Deticio, C. V. Tan, J. A. Jose, and E. Dadios, "A People Counting System for Use in CCTV Cameras in Retail," in *2020 IEEE 12th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment, and Management, HNICEM 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Dec. 2020. doi: 10.1109/HNICEM51456.2020.9400048.

- [11] T. A. A. H. Kusuma, K. Usman, and S. Saidah, "PEOPLE COUNTING FOR PUBLIC TRANSPORTATIONS USING YOU ONLY LOOK ONCE METHOD," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 2, no. 1, pp. 57–66, Feb. 2021, doi: 10.20884/1.jutif.2021.2.2.77.
- [12] M. H. Saputra, D. Erwanto, and R. F. Rizal, "Penghitung Jumlah Pengunjung Objek Wisata dengan Metode Deep Learning MobileNet-SSD," *Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 2, pp. 145–154, Sep. 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31358/techne.v21i2.313>
- [13] F. D. Adhinata, M. Ikhsan, and W. Wahyono, "People counter on CCTV video using histogram of oriented gradient and Kalman filter methods," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 222–227, Jul. 2020, doi: 10.14710/jtsiskom.2020.13660.
- [14] K. Prasetya, A. Aribowo, A. Satyaputra, and J. O. Tjahyadi, "Implementation of Tensorflow in the CCTV-Based People Counter Application at PT Matahari Department Store, Tbk," *IAIC International Conferences*, vol. 3, no. 1, pp. 38–44, 2020, doi: <https://doi.org/10.34306/conferenceseries.v3i1.380>.
- [15] D. P. Darmawan and M. Taufiqurrohman, "Design and Build a Counter System Number of Library Visitors Hang Tuah University, Surabaya," *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 4, no. 1, pp. 32–41, Apr. 2020, doi: 10.21070/jeeeu.v4i1.318.
- [16] M. R. A. Pangestu, S. Sumaryo, and C. Setianingsih, "Real Time CCTV Deteksi Wajah dengan Haar Cascade Classifiers OpenCV," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 3037–3044, Aug. 2019.
- [17] J.-W. Perng, T.-Y. Wang, Y.-W. Hsu, and B.-F. Wu, "The Design and Implementation of a Vision-based People Counting System in Buses," in *International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)*, IEEE, Jul. 2016. doi: 10.1109/ICSSE.2016.7551620.
- [18] Z. Zou, K. Chen, Z. Shi, Y. Guo, and J. Ye, "Object Detection in 20 Years: A Survey," May 2019, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1905.05055>
- [19] J. Brownlee, *Deep Learning for Computer Vision: Image Classification, Object Detection, and Face Recognition in Python*. Machine Learning Mastery, 2019. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=DOamDwAAQBAJ>
- [20] X. Long *et al.*, "PP-YOLO: An Effective and Efficient Implementation of Object Detector," Jul. 2020, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2007.12099>
- [21] M. Carranza-García, J. Torres-Mateo, P. Lara-Benítez, and J. García-Gutiérrez, "On the Performance of One-Stage and Two-Stage Object Detectors in Autonomous Vehicles Using Camera Data," *Remote Sens (Basel)*, vol. 13, no. 1, pp. 1–23, Jan. 2021, doi: 10.3390/rs13010089.
- [22] A. R. Mohammed, "Smart Construction Management Using AI," *International Journal of Innovative Research in Electrical, Electronics, Instrumentation and Control Engineering*, vol. 12, no. 11, Nov. 2024, doi: 10.17148/IJIREEICE.2024.121103.
- [23] S. J. D. Prince, *Computer vision: models, learning and inference*. Cambridge University Press, 2012. [Online]. Available: <http://www.computervisionmodels.com>.

- [24] A. Esteva *et al.*, “Deep learning-enabled medical computer vision,” Dec. 01, 2021, *Nature Research*. doi: 10.1038/s41746-020-00376-2.
- [25] N. Khairunisa, Carudin, and A. Jamaludin, “Analisis Perbandingan Algoritma CNN dan YOLO dalam Mengidentifikasi Kerusakan Jalan,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4434.
- [26] R. Hidayat, “Implementasi Algoritma You Only Look Once (YOLO) V5 Untuk Klasifikasi Jenis Monyet,” Universitas Tidar, 2023.
- [27] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection,” in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2016. [Online]. Available: <https://goo.gl/bEs6Cj>.
- [28] G. Jocher, Q. Jing, and A. Chaurasia, “Ultralytics YOLO.” Accessed: Dec. 19, 2024. [Online]. Available: <https://ultralytics.com>
- [29] M. L. Ali and Z. Zhang, “The YOLO Framework: A Comprehensive Review of Evolution, Applications, and Benchmarks in Object Detection,” *Computers*, vol. 13, no. 12, p. 336, Dec. 2024, doi: 10.3390/computers13120336.
- [30] B. Hadiwijaya, Darjat, and A. A. Zahra, “PERANCANGAN APLIKASI CCTV SEBAGAI PEMANTAU RUANGAN MENGGUNAKAN IP CAMERA,” Jun. 2014.
- [31] B. C. Welsh and D. P. Farrington, “Public Area CCTV and Crime Prevention: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis,” *Justice Quarterly*, vol. 26, no. 4, pp. 716–745, Dec. 2009, doi: 10.1080/07418820802506206.
- [32] D. Krstinić, M. Braović, L. Šerić, and D. Božić-Štulić, “Multi-Label Classifier Performance Evaluation with Confusion Matrix,” *Computer Science & Information Technology*, pp. 01–14, Jun. 2020, doi: 10.5121/csit.2020.100801.
- [33] 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 *International Conference on Sustainable Green Tourism Applied Science - Engineering Applied Science 2024 (ICoSTAS-EAS 2024)*, 2024, pp. 339–348. doi: 10.2991/978-94-6463-587-4_39.
- [34] P. A. Cahyani, “SISTEM PERHITUNGAN KENDARAAN MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLOV5 DAN DEEPSORT,” Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2023.
- [35] T.-Y. Lin *et al.*, “Microsoft COCO: Common Objects in Context,” in *Computer Vision–ECCV 2014: 13th European Conference*, Zurich: Springer International Publishing, May 2014, pp. 740–755. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1405.0312>
- [36] S. Rostianingsih, A. Setiawan, and C. I. Halim, “COCO (Creating Common Object in Context) Dataset for Chemistry Apparatus,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2020, pp. 2445–2452. doi: 10.1016/j.procs.2020.04.264.
- [37] U. Ozbulak *et al.*, “Less is More? Revisiting the Importance of Frame Rate in Real-Time Zero-Shot Surgical Video Segmentation,” Apr. 2025, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2502.20934>

- [38] T. Kloda, A. Bertout, and Y. Sorel, "Latency upper bound for data chains of real-time periodic tasks," *Journal of Systems Architecture*, vol. 109, Oct. 2020, doi: 10.1016/j.sysarc.2020.101824.
- [39] A. Ibrahim and A. Fatmawati, "Sistem Penghitung Orang Menggunakan YOLOv8 Dan Flask (Studi Kasus Di Laboratorium Informatika Universitas Muhammadiyah Surakarta)," 2024.
- [40] S. Oh, Y. Kwon, and J. Lee, "Optimizing Real-Time Object Detection in a Multi-Neural Processing Unit System," *Sensors*, vol. 25, no. 5, Mar. 2025, doi: 10.3390/s25051376.