

APLIKASI PERHITUNGAN JUMLAH KUNJUNGAN MUSEUM DENGAN METODE TRACKING MENGGUNAKAN YOLOV8

Application for Calculating the Number of Museum Visits with the Tracking Method Using YOLOv8

Komang Juliana, Ketut Agus Seputra, Luh Joni Erawati Dewi

Universitas Pendidikan Ganesha

juliana.2@undiksha.ac.id; agus.seputra@undiksha.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 24, 2026	Jul 22, 2026	Aug 3, 2026	Aug 8, 2026

Abstract

The number of visitors to Museum Buleleng is still counted manually using a mechanical counter, which is less efficient, less accurate, and unable to provide real-time data, particularly when several visitors arrive simultaneously. This study aimed to design, implement, and evaluate a visitor-counting application based on You Only Look Once version 8 (YOLOv8) using a tracking method. The system used a webcam as the video source, YOLOv8 to detect person objects, and object ID tracking to prevent double counting. The application was developed using Python and OpenCV with a graphical user interface designed for ease of use. Testing conducted in the Public Relations Room of the Faculty of Engineering and Vocational Education at Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) showed that the system achieved an average detection accuracy of 94.7% with a processing speed of 31 FPS, while the implementation of the tracking method was able to reduce counting duplication to 2.1%. During testing, the system recorded 50 incoming visitors, consisting of 22 females and 28 males, and 42 outgoing visitors, consisting of 18 females and 24 males, indicating that eight visitors remained in the room at the end of the observation. These results show that the application is capable of automatically, accurately, and in

real time counting and monitoring the number of visitors. This study provides a practical contribution to the application of computer vision technology in visitor monitoring systems and has the potential to serve as a more efficient solution than manual counting methods at Museum Buleleng.

Keywords: Computer Vision; Visitor Counting; Real-Time Monitoring; Tracking; YOLOv8

Abstrak: Penghitungan jumlah pengunjung Museum Buleleng masih dilakukan secara manual menggunakan *counter* mekanis yang kurang efisien, kurang akurat, dan belum mampu menyediakan data secara *real-time*, terutama ketika beberapa pengunjung datang secara bersamaan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi aplikasi penghitungan jumlah pengunjung berbasis *You Only Look Once* versi 8 (YOLOv8) dengan metode *tracking*. Sistem menggunakan *webcam* sebagai sumber video, YOLOv8 untuk mendeteksi objek *person*, serta *object ID tracking* untuk mencegah penghitungan ganda. Aplikasi dikembangkan menggunakan Python dan OpenCV dengan antarmuka grafis yang dirancang agar mudah digunakan. Pengujian yang dilakukan di Ruang Humas FTK Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha) menunjukkan bahwa sistem mencapai akurasi deteksi rata-rata sebesar 94,7% dengan kecepatan pemrosesan 31 FPS, sedangkan penerapan metode *tracking* mampu menekan duplikasi penghitungan hingga 2,1%. Selama pengujian, sistem mencatat 50 pengunjung masuk yang terdiri atas 22 perempuan dan 28 laki-laki serta 42 pengunjung keluar yang terdiri atas 18 perempuan dan 24 laki-laki, sehingga teridentifikasi delapan pengunjung masih berada di dalam ruangan pada akhir pengamatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi mampu melakukan penghitungan dan pemantauan jumlah pengunjung secara otomatis, akurat, dan *real-time*. Penelitian ini memberikan kontribusi praktis terhadap penerapan teknologi *computer vision* dalam sistem pemantauan pengunjung dan berpotensi menjadi solusi yang lebih efisien dibandingkan metode penghitungan manual di Museum Buleleng.

Kata Kunci: *Computer Vision*; Penghitungan Pengunjung; *Real-Time Monitoring*; *Tracking*; YOLOv8

PENDAHULUAN

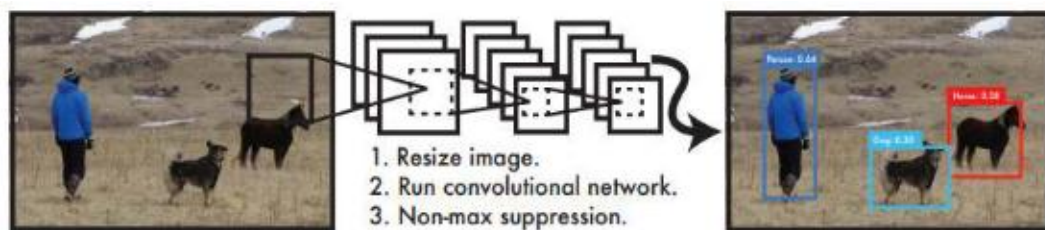
Bali merupakan salah satu destinasi wisata unggulan di Indonesia yang menjadikan sektor pariwisata sebagai penggerak utama perekonomian daerah (Sinaga et al., 2019). Salah satu daya tarik wisata budaya di Bali adalah museum yang berfungsi sebagai sarana pelestarian sejarah sekaligus media edukasi (Budiantara et al., 2020). Museum Buleleng merupakan salah satu museum yang menyimpan berbagai koleksi sejarah dan budaya Bali Utara. Namun, proses penghitungan pengunjung di museum ini masih dilakukan secara manual menggunakan *counter* mekanis atau pencatatan oleh petugas, sehingga rentan terhadap *human error*, tidak mampu mencatat jumlah pengunjung secara *real-time*, dan kurang efektif ketika pengunjung datang secara bersamaan (Muhammad Rafly Assidiqi, 2023). Perkembangan teknologi *computer vision* memungkinkan proses penghitungan pengunjung dilakukan secara otomatis melalui deteksi objek berbasis kecerdasan buatan. Salah satu metode yang banyak

digunakan adalah You Only Look Once versi 8 (YOLOv8), yang mampu mendeteksi objek manusia secara cepat dan akurat. Agar setiap pengunjung hanya dihitung satu kali, deteksi objek dikombinasikan dengan metode *object tracking* berbasis *tracking-by-detection*, di mana setiap objek diberikan *track ID* yang dipertahankan antar-*frame*. Pada penelitian ini digunakan *tracker* bawaan YOLOv8 (BoT-SORT) sehingga sistem mampu melacak pergerakan setiap pengunjung dan menghitungnya ketika melewati garis virtual (*counting line*) secara *real-time*. Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan algoritma YOLO untuk deteksi manusia, seperti YOLOv5 pada sistem presensi wajah, deteksi kecurangan ujian, maupun penghitungan orang yang masuk dan keluar gedung (Khana et al., 2024; Bimantoro et al., 2024; Fahrezi et al., 2024). Penelitian lain juga telah menerapkan YOLOv5 pada sistem pendeteksi pengunjung museum dan ESP32-Cam dengan tingkat akurasi rata-rata 80,63% (Muhammad Rafly Assidiqi, 2023; Telegram et al., 2023). Namun, penelitian yang mengintegrasikan YOLOv8, *object ID tracking*, klasifikasi gender, serta mekanisme penyimpanan data untuk sistem penghitungan pengunjung museum masih terbatas. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi aplikasi pendeteksi jumlah pengunjung Museum Buleleng berbasis YOLOv8 dengan metode *object tracking*. Sistem dikembangkan untuk mendeteksi, melacak, dan menghitung pengunjung secara otomatis, dilengkapi klasifikasi gender dan penyimpanan data, kemudian dievaluasi berdasarkan tingkat akurasi deteksi dan kecepatan pemrosesan guna menghasilkan sistem pemantauan pengunjung yang akurat dan *real-time*.

Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai deteksi dan penghitungan objek manusia telah berkembang melalui pemanfaatan computer vision dan deep learning. YOLO telah digunakan pada berbagai konteks, seperti presensi, pengawasan, penghitungan orang masuk-keluar, penghitung penumpang, dan pemantauan pengunjung (Bimantoro et al., 2024; Dompeipen & Sompie, 2023; Fahrezi & Widiyanto, 2024; Khana et al., 2024; Marcellino et al., 2022; Maulana & Soleh, 2023; Surbakti & Putri, 2022). Penerapan YOLO juga berkembang pada validasi dokumen dan sistem klasifikasi berbasis deep learning (Jepri et al., 2023; Naitboho et al., 2025). Hasil-hasil tersebut memperlihatkan bahwa deteksi berbasis YOLO dapat digunakan untuk pemrosesan visual yang cepat pada beragam skenario. Namun, integrasi YOLOv8 dengan *object tracking*, *counting line*, klasifikasi gender, penyimpanan data, dan antarmuka monitoring web pada sistem penghitungan pengunjung museum masih relatif terbatas.

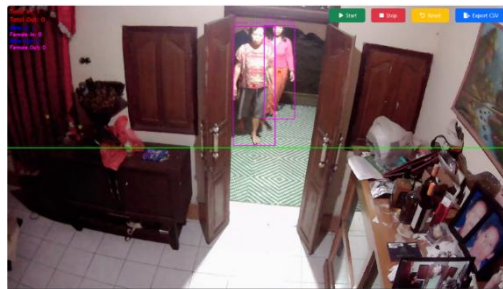
YOLO (You Only Look Once) merupakan algoritma object detection berbasis Convolutional Neural Network (CNN) yang melakukan prediksi objek dalam satu proses inferensi. Pendekatan CNN telah banyak digunakan untuk klasifikasi dan deteksi citra (Allaam & Wibowo, 2021; Utami et al., 2024). Pada aplikasi real-time, computer vision memungkinkan pengolahan frame video secara berkesinambungan dan telah diterapkan pada berbagai tugas pengenalan visual (Prayoga et al., 2025; Wibowo, 2016). Dalam penelitian ini, YOLOv8 digunakan untuk menghasilkan bounding box, kelas objek, dan confidence score pada kelas person.



Gambar 1. Mekanisme Deteksi Objek Menggunakan YOLO

Sumber: Muhammad Rafly Assidiqi (2023).

Untuk menjaga konsistensi identitas objek antar-frame, penelitian ini menerapkan tracking-by-detection dengan memberikan track ID pada setiap objek yang terdeteksi. Pendekatan multi-object tracking digunakan untuk mengasosiasikan objek yang sama pada frame berbeda sehingga pergerakannya dapat diikuti secara kontinu (Bewley et al., 2016; Wojke et al., 2017; Yilmaz et al., 2006). Mekanisme estimasi gerak dan pencocokan identitas secara konseptual berkaitan dengan Kalman filter dan assignment problem (Kalman, 1960; Kuhn, 1955). Dalam aplikasi, centroid setiap track dipantau terhadap counting line sehingga pengunjung dihitung ketika melintasi batas yang ditentukan.



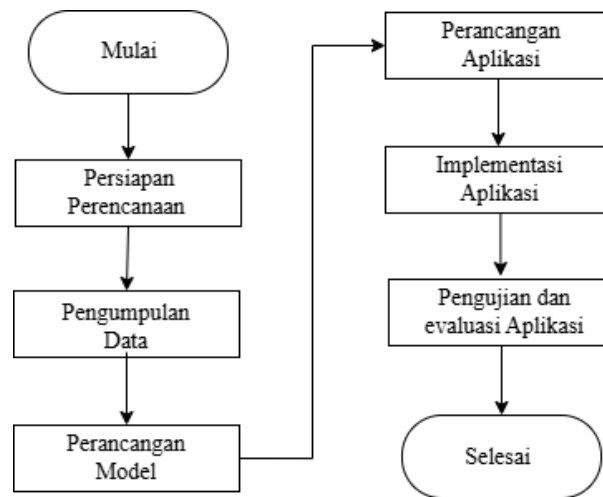
Gambar 2. Konsep Computer Vision

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk merancang dan mengevaluasi aplikasi pendeteksi jumlah pengunjung berbasis computer vision. Sistem dikembangkan menggunakan model YOLOv8 sebagai algoritma deteksi objek dan metode object tracking untuk mempertahankan identitas setiap pengunjung selama proses pengamatan. Implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan dukungan OpenCV dan Ultralytics YOLOv8. Aplikasi disajikan melalui antarmuka berbasis web agar hasil deteksi, statistik, dan laporan dapat dipantau secara real-time.

1. Arsitektur Sistem

Sistem bekerja secara *real-time* menggunakan webcam sebagai sumber masukan video. Setiap frame diproses oleh model YOLOv8 untuk mendeteksi objek manusia (*person*). Hasil deteksi kemudian diteruskan ke modul *tracking* menggunakan BoT-SORT sehingga setiap objek memperoleh *track ID* yang bersifat unik. Selanjutnya, centroid setiap objek dipantau terhadap garis virtual (*counting line*) untuk menentukan apakah objek termasuk sebagai pengunjung masuk atau keluar. Data hasil deteksi disimpan ke dalam basis data dan ditampilkan melalui antarmuka aplikasi.

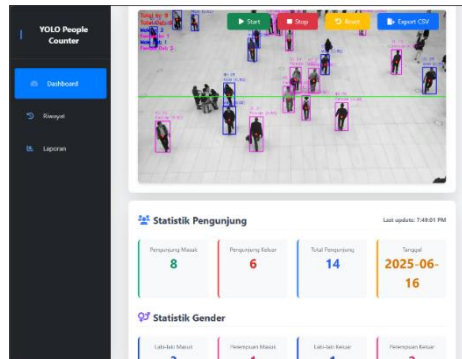


Gambar 3. Diagram Arsitektur Sistem

2. Deteksi Objek Menggunakan YOLOv8

Model YOLOv8 digunakan untuk mendeteksi objek manusia pada setiap frame video. Model menghasilkan koordinat *bounding box*, kelas objek, dan nilai *confidence*. Penelitian ini hanya menggunakan kelas **person** sehingga proses deteksi lebih fokus pada objek yang menjadi target penghitungan. Model dijalankan secara *real-time* dengan memanfaatkan GPU

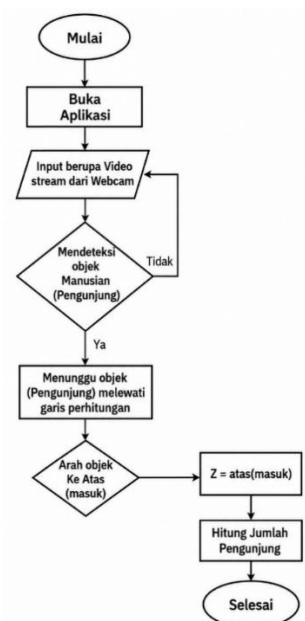
sehingga mampu menghasilkan kecepatan pemrosesan yang tinggi tanpa mengurangi akurasi deteksi.



Gambar 4. Proses Deteksi Menggunakan YOLOv8

3. Pelacakan Objek (Object Tracking)

Setelah objek berhasil dideteksi, sistem melakukan pelacakan menggunakan BoT-SORT. Setiap objek diberikan identitas (*track ID*) yang dipertahankan selama objek masih berada pada area pengamatan. Dengan mekanisme ini, sistem dapat membedakan setiap pengunjung meskipun terdapat banyak orang pada waktu yang sama. Proses pelacakan dilakukan berdasarkan posisi centroid objek pada setiap frame. Apabila centroid melewati garis virtual yang telah ditentukan, sistem akan mencatat objek sebagai pengunjung masuk atau keluar. Pendekatan ini mampu mengurangi terjadinya penghitungan ganda (*duplicate counting*).



Gambar 5. Mekanisme Tracking dan Counting Line

4. Implementasi Sistem

Aplikasi dikembangkan menggunakan Python, OpenCV, Ultralytics YOLOv8, dan Flask sebagai backend. Antarmuka web dibangun menggunakan HTML, Tailwind CSS, dan JavaScript, sedangkan webcam digunakan sebagai perangkat akuisisi video secara real-time. Sistem dilengkapi penyimpanan data dalam format CSV serta API statistik untuk menampilkan kembali hasil penghitungan dan laporan kunjungan.

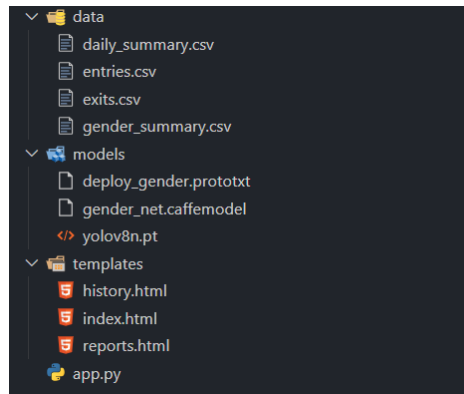
5. Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan di Ruang Humas Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha menggunakan video *real-time* dari webcam. Evaluasi sistem dilakukan berdasarkan dua parameter utama, yaitu akurasi deteksi dan kecepatan pemrosesan (*Frames Per Second/FPS*). Selain itu, dilakukan evaluasi terhadap kemampuan metode *tracking* dalam mengurangi duplikasi penghitungan ketika beberapa pengunjung melintasi area pengamatan secara bersamaan. Data hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan jumlah pengunjung yang dihitung sistem terhadap hasil penghitungan manual. Nilai akurasi dihitung menggunakan persamaan berikut.

HASIL

1. Implementasi Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan sebagai aplikasi berbasis web untuk mendeteksi, melacak, menghitung, dan mengklasifikasikan pengunjung secara real-time. Video dari webcam diproses oleh YOLOv8 untuk mendeteksi objek manusia, kemudian setiap objek diberi tracking ID untuk mempertahankan identitas selama berada pada area pengamatan. Klasifikasi gender dilakukan berdasarkan citra wajah, sedangkan hasil deteksi disimpan otomatis dalam format CSV dan ditampilkan melalui halaman monitoring. Komponen sistem meliputi backend Flask, modul YOLOv8, modul klasifikasi gender berbasis CaffeNet dan MTCNN, serta antarmuka HTML, Tailwind CSS, dan JavaScript. Struktur integrasi komponen ditunjukkan pada Gambar 6.

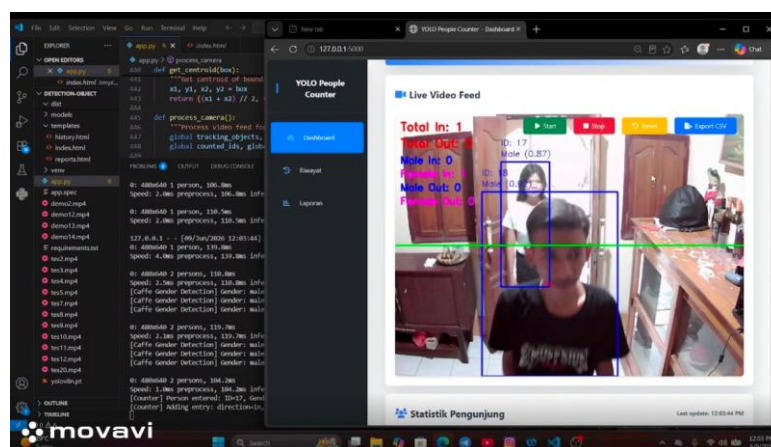


Gambar 6. Struktur Sistem Deteksi Pengunjung Berbasis YOLOv8

Gambar 6 memperlihatkan bahwa file `app.py` menjadi pengendali utama yang menghubungkan deteksi objek, tracking, klasifikasi gender, penyimpanan CSV, API statistik, dan antarmuka pengguna. Model dan berkas pendukung ditempatkan dalam direktori terpisah sehingga proses inferensi dan penyajian hasil dapat dijalankan melalui satu aplikasi.

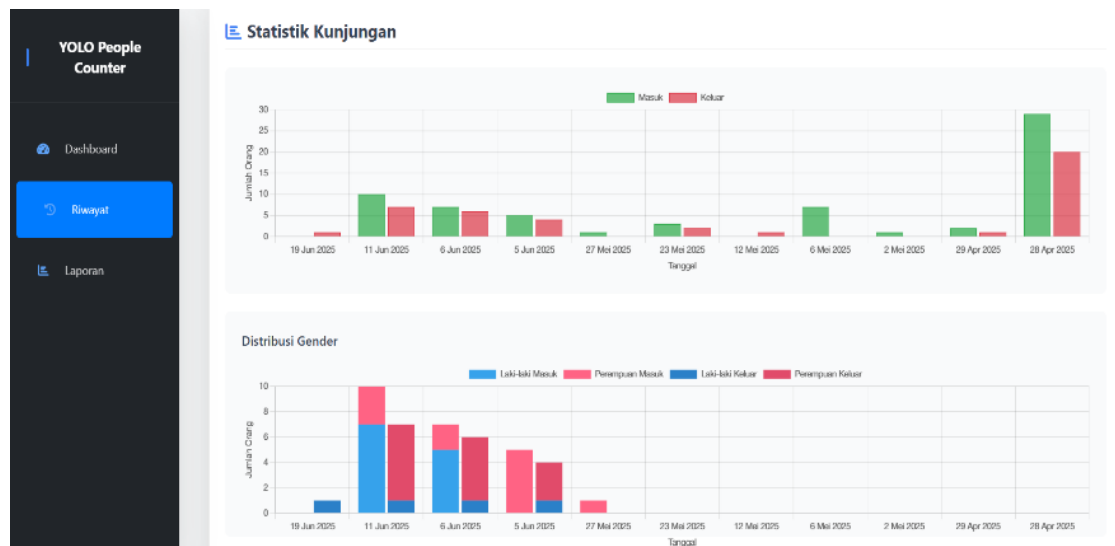
2. Hasil Implementasi Sistem

Pengujian implementasi menggunakan webcam menunjukkan bahwa objek manusia dapat diberi bounding box dan tracking ID yang berbeda secara bersamaan. Tampilan monitoring pada Gambar 7 memuat video hasil deteksi, jumlah pengunjung masuk dan keluar, serta informasi gender. Data statistik pada Gambar 8 diperbarui melalui API dan halaman laporan pada Gambar 9 menampilkan ringkasan, grafik, tabel, serta fasilitas ekspor CSV berdasarkan periode yang dipilih.



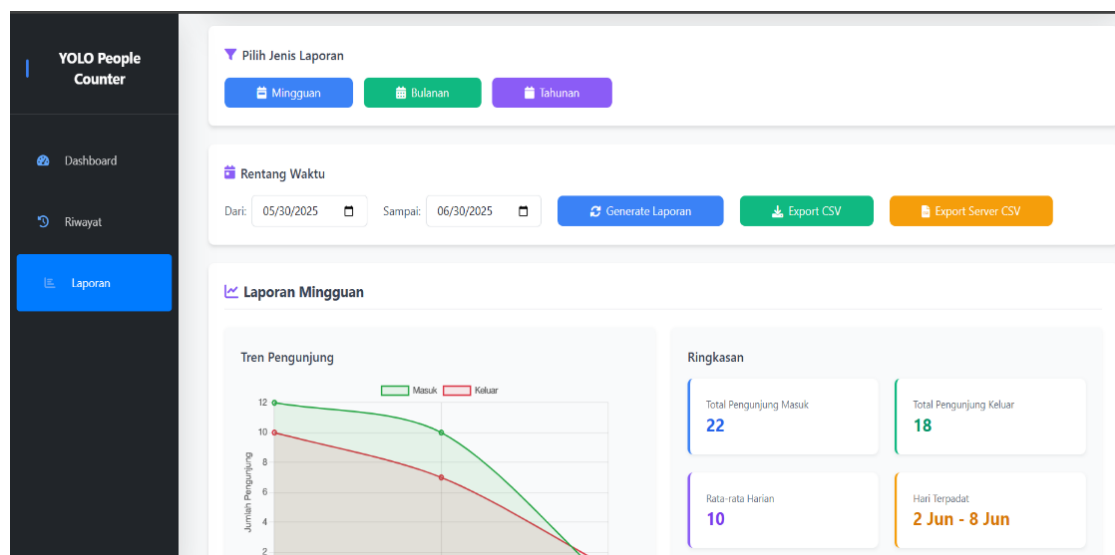
Gambar 7. Tampilan Monitoring Pengunjung Secara Real-Time

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, setiap objek yang terdeteksi memperoleh tracking ID tersendiri. Informasi jumlah masuk, jumlah keluar, dan gender ditampilkan pada halaman monitoring selama proses pengamatan berlangsung.



Gambar 8. Tampilan Statistik Pengunjung

Gambar 8 menyajikan statistik pengunjung berdasarkan data deteksi yang tersimpan. Statistik mencakup jumlah pengunjung masuk dan keluar serta distribusi gender. Data tersebut diperbarui secara otomatis melalui API selama sistem aktif.



Gambar 9. Halaman Laporan Pengunjung

Gambar 9 memperlihatkan halaman laporan yang dapat memfilter data berdasarkan periode, menampilkan grafik dan tabel, serta mengekspor hasil monitoring ke format CSV.

3. Hasil Pengujian

Pengujian fungsional menggunakan pendekatan black-box dilakukan terhadap fungsi utama aplikasi. Hasil pada Tabel 1 menunjukkan bahwa aktivasi kamera, deteksi pengunjung, tracking objek, counting pengunjung, penyimpanan CSV, dan API statistik dapat dijalankan sesuai fungsi yang dirancang.

Tabel 1. Ringkasan Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian	Hasil
Aktivasi Kamera	Berhasil
Deteksi Pengunjung	Berhasil
Tracking Objek	Berhasil
Counting Pengunjung	Berhasil
Penyimpanan CSV	Berhasil
API Statistik	Berhasil

Tabel 2. Ringkasan Hasil Pengujian Lapangan

Parameter	Hasil
Akurasi deteksi rata-rata	94,7%
Kecepatan pemrosesan	31 FPS
Duplikasi penghitungan	2,1%
Pengunjung masuk	50 (22 P; 28 L)
Pengunjung keluar	42 (18 P; 24 L)
Sisa pengunjung	8

Data kuantitatif pada Tabel 2 menunjukkan akurasi deteksi rata-rata 94,7% dengan kecepatan pemrosesan 31 FPS. Duplikasi penghitungan masih tercatat sebesar 2,1%, sehingga nilai tersebut menjadi temuan negatif yang perlu dilaporkan secara objektif. Selama pengamatan, sistem mencatat 50 pengunjung masuk dan 42 pengunjung keluar; selisih keduanya menunjukkan 8 pengunjung masih berada di area pengamatan pada akhir sesi.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi YOLOv8 dan object tracking dapat memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu melakukan deteksi dan penghitungan pengunjung secara otomatis serta real-time. Akurasi rata-rata 94,7% menunjukkan bahwa sebagian besar objek manusia pada area pengamatan berhasil dikenali, sedangkan kecepatan 31 FPS menunjukkan bahwa proses inferensi dapat mengikuti aliran video secara langsung. Nilai

duplikasi 2,1% juga menunjukkan bahwa penggunaan tracking ID efektif menekan penghitungan berulang, meskipun belum menghilangkannya sepenuhnya. Konsistensi antara 50 pengunjung masuk, 42 pengunjung keluar, dan sisa 8 pengunjung memperlihatkan bahwa mekanisme counting line mampu mempertahankan hubungan logis antara arus masuk, arus keluar, dan okupansi akhir.

Temuan ini sejalan dengan kecenderungan penelitian computer vision yang memanfaatkan keluarga YOLO untuk mendeteksi atau menghitung manusia pada video dan CCTV. Penerapan serupa telah dilaporkan pada penghitung manusia, penghitung masuk-keluar gedung, penghitung penumpang, pendeteksian pengunjung, serta aplikasi pemantauan berbasis YOLO (Dompeipen & Sompie, 2023; Fahrezi & Widiyanto, 2024; Marcellino et al., 2022; Surbakti & Putri, 2022). Studi lain juga menunjukkan luasnya pemanfaatan YOLO pada presensi, pengawasan, physical distancing, validasi dokumen, dan sistem klasifikasi berbasis deep learning (Bimantoro et al., 2024; Jepri et al., 2023; Khana et al., 2024; Maulana & Soleh, 2023; Naitboho et al., 2025). Dalam konteks penelitian ini, kontribusi yang ditambahkan adalah penggabungan deteksi orang, tracking ID, counting line, klasifikasi gender, penyimpanan CSV, dan penyajian statistik melalui aplikasi web dalam satu alur monitoring.

Penggunaan identitas objek yang dipertahankan antar-frame sesuai dengan prinsip multi-object tracking, yaitu mengasosiasikan hasil deteksi pada frame yang berbeda agar satu objek tidak dianggap sebagai objek baru pada setiap frame. Prinsip tersebut menjadi dasar pendekatan SORT dan Deep SORT (Bewley et al., 2016; Wojke et al., 2017) dan dibahas secara luas dalam kajian object tracking (Yilmaz et al., 2006). Secara konseptual, estimasi gerak dan pencocokan identitas juga berkaitan dengan Kalman filter dan assignment problem (Kalman, 1960; Kuhn, 1955). Dukungan computer vision dan deep learning pada penelitian lain menunjukkan bahwa pemrosesan visual real-time dapat diterapkan pada beragam tugas pengenalan dan klasifikasi (Allaam & Wibowo, 2021; Prayoga et al., 2025; Utami et al., 2024; Wibowo, 2016).

Secara praktis, sistem memberikan implikasi bagi pengelolaan kunjungan karena data tidak hanya ditampilkan saat monitoring, tetapi juga disimpan sebagai arsip yang dapat difilter dan diekspor. Mekanisme tersebut berpotensi mendukung digitalisasi pencatatan pengunjung Museum Buleleng dan mengurangi ketergantungan pada counter mekanis. Kebutuhan pengelolaan layanan museum yang lebih terukur relevan dengan fungsi museum sebagai ruang edukasi dan pelestarian budaya (Budiantara et al., 2020; Sinaga et al., 2019). Penelitian

ini juga memperluas pendekatan pendeteksi dan penghitung pengunjung museum berbasis YOLOv5 yang telah dilakukan sebelumnya (Muhammad Rafly Assidiqi, 2023) melalui penggunaan YOLOv8, tracking ID, dan antarmuka monitoring berbasis web.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Evaluasi dilakukan di Ruang Humas Fakultas Teknik dan Kejuruan Universitas Pendidikan Ganesha sehingga performa sistem belum diuji langsung pada seluruh variasi kondisi operasional Museum Buleleng. Duplikasi penghitungan sebesar 2,1% menunjukkan bahwa kesalahan identitas belum sepenuhnya dapat dihilangkan, sedangkan metrik evaluasi khusus untuk klasifikasi gender belum dilaporkan secara terpisah. Penelitian selanjutnya disarankan menguji sistem pada lingkungan museum dengan variasi pencahayaan, kepadatan, dan occlusion yang lebih beragam, membandingkan beberapa algoritma tracking, serta mengevaluasi deteksi orang dan klasifikasi gender menggunakan metrik yang terpisah.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menghasilkan aplikasi penghitungan pengunjung berbasis YOLOv8 dan object tracking yang mampu melakukan deteksi orang, mempertahankan identitas objek, menghitung arus masuk dan keluar, menampilkan klasifikasi gender, serta menyimpan hasil monitoring dalam format CSV melalui antarmuka web. Pengujian menunjukkan akurasi deteksi rata-rata 94,7% pada kecepatan 31 FPS, dengan duplikasi penghitungan sebesar 2,1%. Pada sesi pengamatan, sistem mencatat 50 pengunjung masuk dan 42 pengunjung keluar sehingga tersisa 8 pengunjung di area pengamatan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kombinasi deteksi dan tracking dapat digunakan untuk mendukung pencatatan jumlah pengunjung secara otomatis dan real-time.

Kontribusi penelitian terletak pada integrasi deteksi YOLOv8, tracking ID, counting line, klasifikasi gender, penyimpanan data, dan penyajian statistik berbasis web dalam satu sistem monitoring pengunjung. Secara praktis, sistem dapat menjadi dasar pengembangan pemantauan kunjungan museum yang lebih terukur dibanding pencatatan manual. Penelitian selanjutnya perlu menguji sistem langsung pada lingkungan Museum Buleleng dengan variasi kepadatan dan pencahayaan yang lebih luas, membandingkan algoritma tracking, serta menambahkan evaluasi kuantitatif khusus untuk klasifikasi gender agar reliabilitas seluruh komponen sistem dapat dinilai secara terpisah.

DAFTAR PUSTAKA

- Allaam, M. R. R., & Wibowo, A. T. (2021). Klasifikasi Genus Tanaman Anggrek Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *eProceedings of Engineering*, 8(2), 1153–1189. <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/14708>
- Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). Simple online and realtime tracking. In *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 3464–3468). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533003>
- Bimantoro, F., Wijaya, I. G. P. S., & Aohana, M. R. (2024). Pendeteksian Kecurangan Ujian Melalui CCTV Menggunakan Algoritma YOLOv5. *Seminar Nasional Teknologi & Sains*, 3(1), 109–117. <https://doi.org/10.29407/stains.v3i1.4360>
- Budiantara, I. W., Rijasa, M. M., & Nityasa, N. P. N. (2020). Perancangan Museum Wayang Bali di Gianyar. *Jurnal Teknik Gradien*, 12(1), 67–76. <https://doi.org/10.47329/teknikgradien.v12i1.449>
- Dompeipen, T. A., & Sompie, S. R. U. A. (2020). Penerapan Computer Vision untuk Pendeteksian dan Penghitung Jumlah Manusia. *Jurnal Teknik Informatika*, 15(4), 1–12. <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/informatika/article/view/31471>
- Fahrezi, M. A., & Widiyanto, E. P. (2024). Implementasi YOLOv8 dalam Penghitung Masuk dan Keluar Manusia pada Gedung. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 11(3), 335–345. <https://jurnal.mdp.ac.id/index.php/jatisi/article/view/9050>
- Jaya, K. J. K., Kesiman, M. W. A., & Maysanjaya, I. M. D. (2023). Document validation for cooperation agreement documents at the Undiksha Cooperation and Public Relations Agency (Badan Kerja Sama dan Kehumasan) using local binary pattern (LBP) and YOLOv5 methods. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 12(3), 426–436. <https://doi.org/10.23887/janapati.v12i3.66070>
- Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of Basic Engineering*, 82(1), 35–45. <https://doi.org/10.1115/1.3662552>
- Khana, R., Saputra, A. E., & Sobirin, M. (2024). Implementasi Sistem Presensi pada Kegiatan Seminar dengan Pengenalan Wajah Menggunakan Metode YOLO V5. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 9(1), 54–66. <https://doi.org/10.52447/jkte.v9i1.7631>
- Kuhn, H. W. (1955). The Hungarian method for the assignment problem. *Naval Research Logistics Quarterly*, 2(1–2), 83–97. <https://doi.org/10.1002/nav.3800020109>
- Marcellino, V., Mawardi, V. C., & Perdana, N. J. (2022). Pendeteksian Jumlah Penumpang yang Masuk Berdasarkan CCTV pada Pintu Bus dengan Metode YOLO. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi*, 10(2). <https://doi.org/10.24912/jiksi.v10i2.22539>
- Maulana, M. A., & Soleh, M. (2023). Sistem Pendeteksi Physical Distance pada Antrian Menggunakan Metode YOLO (You Only Look Once) V3. *Jurnal IPTEK*, 7(1), 18–24. <https://doi.org/10.31543/jii.v7i1.225>
- Assidiqi, M. R. (2023). *Rancang bangun sistem pendeteksi dan penghitung jumlah pengunjung di Museum Lampung menggunakan webcam berbasis algoritma YOLOv5 (You Only Look Once versi lima)* [Skripsi, Universitas Lampung]. <https://digilib.unila.ac.id/77107/>

- Naitboho, O. O., Kertiasih, N. K., & Permana, A. A. J. (2025). Pengembangan Sistem Klasifikasi Berbasis Deep Learning: Studi Kasus Penerapan Model YOLO. *Masaliq: Jurnal Pendidikan dan Sains*, 5(September), 2293–2311.
- Prayoga, I. M. P., Indradewi, I. G. A. A. D., & Suputra, P. H. (2025). Pengenalan Kata Kolok Secara Real Time Menggunakan Mediapipe dan Algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*, 8(2), 178–187. <https://doi.org/10.31598/sintechjournal.v8i2.1945>
- Sinaga, S., Semarajaya, C. G. A., & Mayadewi, N. N. A. (2019). Rencana Pemeliharaan Taman Museum Arma Ubud. *Jurnal Arsitektur Lansekap*, 5(2), 196–205. <https://doi.org/10.24843/JAL.2019.v05.i02.p07>
- Surbakti, A. W. A., & Putri, R. E. (2022). Penghitung Pengunjung dan Deteksi Masker Menggunakan OpenCV dan YOLO. *CHIPSET*, 3(02), 83–93. <https://doi.org/10.25077/chipset.3.02.83-93.2022>
- Fauzi, A. A., Acim, Aprizal, E., Opat, L. C. M., Utami, M. C., Sunardi, S., & Ikasari, I. H. (2024). Analisis Penerapan Machine Learning dalam Deteksi Objek, Klasifikasi, dan Optimasi Robotika. *Buletin Ilmiah Ilmu Komputer dan Multimedia (BIIKMA)*, 2(4), 805–808. <https://www.jurnalmahasiswa.com/index.php/biikma/article/view/1959>
- Wibowo, A. P. W. (2016). Implementasi Teknik Computer Vision dengan Metode Colored Markers Trajectory Secara Real Time. *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 38–42. <https://ejurnal.ulbi.ac.id/index.php/informatika/article/view/44>
- Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple online and realtime tracking with a deep association metric. In *2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (pp. 3645–3649). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296962>
- Yilmaz, A., Javed, O., & Shah, M. (2006). Object tracking: A survey. *ACM Computing Surveys*, 38(4), Article 13. <https://doi.org/10.1145/1177352.1177355>