

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, memberikan dampak signifikan terhadap berbagai aspek kehidupan manusia. Salah satu bidang yang mengalami transformasi besar adalah teknologi computer vision, yang memungkinkan mesin untuk "melihat" dan memahami informasi visual selayaknya manusia [1]. Kemampuan dari computer vision ini telah dimanfaatkan secara luas dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem keamanan, analisis video, hingga proses otomatisasi industri[2].

Perkembangan teknologi digital tersebut telah memicu peningkatan aktivitas di berbagai fasilitas publik dan umum, termasuk kampus, perkantoran, dan laboratorium. Hal ini menimbulkan kebutuhan mendesak akan pengelolaan ruang yang efisien dan adaptif. Namun, salah satu masalah sosial dan operasional yang sering terjadi adalah sulitnya memantau tingkat okupansi ruang secara akurat. Ketiadaan data okupansi yang pasti menyebabkan sejumlah kerugian, terutama pemborosan energi (seperti pencahayaan dan pendingin udara yang beroperasi penuh meskipun ruangan kosong), penurunan efisiensi operasional, dan kesulitan dalam pengambilan keputusan manajerial terkait alokasi sumber daya. Dalam konteks lingkungan akademik seperti Laboratorium Otomasi Industri, masalah ini mencerminkan kebutuhan akan sistem secara cerdas untuk mencapai konsep smart laboratory yang berkelanjutan.

Sistem deteksi okupansi secara umum dapat dibedakan menjadi dua pendekatan, yaitu pendekatan konvensional dan pendekatan berbasis visual. Sistem konvensional biasanya menggunakan sensor Passive Infrared (PIR), sensor ultrasonik dan sensor CO_2 untuk mendeteksi keberadaan manusia. Namun, metode konvensional ini memiliki keterbatasan dalam mendeteksi jumlah individu secara spesifik, tidak mampu membedakan arah pergerakan (masuk atau keluar) serta rentan terhadap gangguan dari lingkungan dalam melakukan pendeteksian [3], [4], [5]. Sementara itu, Sistem dengan pendekatan berbasis visual (computer vision) memungkinkan sistem untuk beradaptasi secara dinamis berdasarkan data visual. Penerapan computer vision dalam sistem deteksi okupansi dapat mendeteksi keberadaan manusia melalui kamera

serta mampu memberikan informasi letak objek dan kejadian secara lebih kaya, sehingga tidak hanya mendeteksi keberadaan, tetapi juga menghitung jumlah orang yang ada dalam ruangan[6], [7], [8]

Penggunaan computer vision dalam sistem deteksi okupansi juga memiliki masalahnya tersendiri. Pasalnya dalam menggunakan computer vision, objek dalam hal ini adalah manusia akan mampu diamati secara visual oleh kamera sehingga dapat mengganggu privasi seseorang. Oleh karena itu, letak kamera yang dipasang diluar ruangan diharapkan mampu menghilangkan pelanggaran privasi individu karena tidak mendeteksi kegiatan yang dilakukan didalam ruangan. Pada penelitian [9] telah berhasil merancang sistem untuk deteksi objek dan penghitung okupansi ruangan dengan letak kamera berada pada luar ruangan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan hasil deteksi dengan akurasi tertinggi sebesar 82.76%. Namun, sistem akan mengalami penurunan akurasi signifikan pada kondisi ramai atau Ketika objek mengalami tumpang tindih. Hasil dari penelitian tersebut hanya mendeteksi orang keluar masuk ruangan dengan hanya Gerakan maju mundur dan tidak mendeteksi pergerakan objek secara lebih luas. Penelitian tersebut juga masih menggunakan YOLOv3 dan Deep SORT yang dijalankan pada server komputasi sehingga memiliki ketergantungan pada perangkat pemrosesan berkapasitas tinggi. Pendekatan tersebut belum sesuai diterapkan pada sistem edge computing yang membutuhkan efisiensi sumber daya dan konsumsi daya yang rendah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan sistem cerdas yang mampu melakukan deteksi dan penghitungan objek manusia secara otomatis dengan akurasi tinggi meskipun kamera deteksi berada pada luar ruangan. Teknologi deep learning, khususnya dalam bidang deteksi objek, telah menunjukkan performa yang sangat baik dalam mengenali dan melacak objek dalam citra digital maupun video [10]. Berbagai algoritma telah dikembangkan untuk keperluan deteksi objek, Algoritma deteksi objek diantaranya seperti YOLO (You Only Look Once), Faster R-CNN, dan Single Shot Detector (SSD).

Salah satu pendekatan berbasis visual yang paling populer adalah algoritma YOLO (You Only Look Once). Algoritma ini merupakan bagian dari metode one-stage object detection yang mengintegrasikan proses klasifikasi dan deteksi objek dalam satu jaringan tunggal. Berbeda dengan metode dua tahap seperti Faster R-CNN, YOLO melakukan prediksi posisi dan kelas objek secara langsung dari citra input, sehingga lebih cepat dan efisien. YOLO unggul dalam kecepatan inferensi dan

menjadi pilihan utama untuk aplikasi real-time object detection seperti pemantauan manusia, kendaraan, atau objek lain di lingkungan dinamis[11].

Dalam keluarga YOLOv11, terdapat lima skala Model YOLO dalam berbagai ukuran, seperti yolo11n.pt (nano), yolo11s.pt (small), yolo11m.pt (medium), yolo11l.pt (large), dan yolo11x.pt (extra-large). Pemilihan model tergantung pada kebutuhan kecepatan dan akurasi. Versi kecil cocok untuk perangkat terbatas, sedangkan versi besar cocok untuk akurasi tinggi di perangkat bertenaga. Varian YOLOv11n (Nano) dipilih dikarenakan model ini adalah model yang paling ringan dan tercepat untuk diaplikasikan dengan perangkat sumber daya komputasi yang rendah. Meskipun akurasi lebih rendah dibanding varian lain, YOLOv11n mampu mencapai lebih dari 60 FPS, bahkan pada hardware terbatas dengan konsumsi daya minimal.

Raspberry Pi 5 merupakan single-board computer generasi terbaru, dengan didukung oleh processor ARM Cortex-A76 quad-core 64-bit dan memori RAM hingga 8GB, sehingga mampu menjalankan algoritma deep learning dengan performa yang memadai. Penelitian [12] menunjukkan bahwa YOLOv11 berhasil diimplementasikan pada perangkat embedded seperti Raspberry Pi 5 untuk aplikasi deteksi manusia. Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan algoritma YOLO dengan dikombinasikan oleh raspberry pi 5 memiliki potensi besar untuk digunakan dalam sistem deteksi okupansi laboratorium otomasi. Dengan kemampuan dari kombinasi algoritma deteksi dengan perangkat embedded ini dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem yang mampu mendeteksi dan menghitung jumlah orang masuk dan keluar ruangan secara akurat dan mendukung realisasi konsep smart laboratory yang efisien, adaptif, dan berbasis teknologi cerdas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem deteksi okupansi di Laboratorium Otomasi Industri dengan algoritma YOLOv11n pada perangkat Raspberry Pi 5?
2. Bagaimana algoritma YOLOv11n dikombinasikan dengan algoritma pelacakan dapat mendeteksi, melacak, dan menghitung jumlah objek manusia yang masuk dan keluar ruangan secara akurat?
3. Bagaimana menghitung kinerja sistem (precision, recall, dan F-1) dari sistem yang dibuat?

4. Bagaimana menghitung waktu komputasi sistem ketika dijalankan pada perangkat embedded Raspberry Pi 5?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem yang mampu mendeteksi jumlah orang (keluar/masuk) ruangan berbasis computer vision menggunakan Raspberry Pi 5 dengan algoritma YOLOv11n dan pelacakan (SORT dan ByteTrack) yang dapat beroperasi tanpa PC server. sistem dirancang tetap dapat menjaga privasi individu dengan memasang kamera didepan pintu laboratorium Otomasi Industri dan Robotika. Selain itu, sistem juga menyediakan data okupansi yang akurat untuk menunjang konsep smart laboratorium di laboratorium Otomasi Industri dan Robotika.

1.4 Batasan Masalah

Berikut adalah batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Sistem yang akan dirancang dan diimplementasikan khusus berada di depan Laboratorium Otomasi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
2. Algoritma deteksi objek dalam penelitian ini adalah YOLOv11n dengan tidak membandingkan pengimplementasian dengan model yang berbeda ataupun seri yang berbeda serta algoritma pelacakan yang digunakan menggunakan algoritma pelacakan SORT (Simple Online and Realtime Tracking) dan ByteTrack.
3. Sistem akan dilakukan dengan menggunakan video rekaman yang berasal dari kamera pemantau dan hasil dari rekaman tersebut yang kemudian akan digunakan sebagai bahan penelitian.
4. Sistem dalam penelitian ini hanya akan mendeteksi dan menghitung objek tanpa mengenali object yang berada dalam frame.
5. Kamera yang menjadi bahan penelitian ini bersifat tetap, tidak dapat bergerak sehingga tidak memperlebar cakupan pendeteksian.
6. Pengimplementasian penelitian ini hanya terbatas pada perangkat Raspberry Pi 5 tanpa membandingkan dengan perangkat komputer maupun bahan mikrokontroller lainnya.

1.5 Sistematika Penulisan

Struktur dan penyusunan penelitian ini disusun dalam beberapa bab dan dijelaskan melalui pembahasan sesuai dengan aturan standar penulisan. Adapun urutan penyusunan skripsi adalah sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang mengenai penerapan computer vision untuk sistem deteksi okupansi laboratorium di era Revolusi Industri 4.0. Bab ini memuat rumusan masalah yang akan diselesaikan, tujuan penelitian yaitu merancang sistem deteksi dan penghitungan jumlah orang menggunakan YOLOv11n pada Raspberry Pi 5, serta batasan masalah yang membatasi lingkup penelitian. Bab ini juga menjelaskan sistematika penulisan laporan agar sesuai dengan format yang telah ditentukan. Pada bab ini juga menjelaskan beberapa sistematika dalam penulisan laporan agar sesuai dengan format yang sudah ditentukan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua berisi tentang penjelasan mengenai landasan teori yang relevan dengan penelitian, meliputi konsep computer vision, pengolahan citra, deteksi objek, algoritma YOLOv11n, algoritma pelacakan SORT, pelacakan ByteTrack, Raspberry Pi 5, OpenCV, Python, serta penjelasan tentang komponen yang digunakan dalam penelitian ini. Bab ini juga memuat penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem deteksi okupansi dan people counting.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Bab tiga berisikan penjelasan mengenai rancangan penelitian yang akan dilakukan, yaitu rancangan sistem yang mencakup blok diagram sistem secara keseluruhan dan spesifikasi sistem. Terdapat juga perancangan perangkat keras, serta perancangan perangkat lunak yang mencakup alur pendeteksian objek, pelacakan menggunakan SORT dan ByteTrack, mekanisme line crossing detection, dan proses data logging.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat membahas hasil dan analisa dari berbagai pengujian yang meliputi pendeteksian, pelacakan, okupansi ruangan dan performa raspberry pi 5 dalam melakukan pemrosesan.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil yang didapat pada penelitian yang sudah dilakukan. Kesimpulan merangkum temuan utama terkait performa sistem deteksi okupansi, akurasi penghitungan objek, dan kelayakan implementasi pada perangkat edge computing. Saran ditujukan untuk pengembangan sistem lebih lanjut di masa mendatang.

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]