

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya pada bidang *Computer Vision*, telah memberikan solusi inovatif untuk tantangan operasional di berbagai sektor. Salah satu penerapan yang paling berdampak adalah pada sistem transportasi, di mana pemantauan dan penghitungan kendaraan secara otomatis menggunakan kamera CCTV menjadi pendekatan yang efisien. Di lokasi krusial seperti pelabuhan penyeberangan, ketersediaan data jumlah kendaraan secara akurat sangat vital untuk manajemen antrean, alokasi kapasitas kapal, dan perencanaan operasional, menggantikan metode pemantauan manual yang rentan terhadap *human error* dan tidak efisien. Secara spesifik, data hasil penghitungan yang akurat memungkinkan pihak pelabuhan mengetahui tingkat kepadatan kendaraan secara real-time, yang selanjutnya menjadi dasar pengambilan keputusan dalam alokasi kapasitas kapal; alokasi yang tepat pada gilirannya mengurangi waktu tunggu kendaraan di area antrean dan meningkatkan efisiensi manajemen antrean pelabuhan secara keseluruhan.

Untuk menjawab kebutuhan tersebut, penelitian ini berfokus pada implementasi sebuah sistem fungsional untuk penghitungan kendaraan. Sistem ini akan dirancang untuk dapat beroperasi menggunakan dua arsitektur *deep learning* terkemuka sebagai mesin deteksinya yaitu YOLOv8 dan SSD (*Single Shot Multibox Detector*). YOLOv8 dipilih karena reputasinya dalam menghasilkan akurasi deteksi yang sangat tinggi, sementara SSD dipilih karena arsitekturnya yang efisien dan cepat, ideal untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan inferensi tinggi. Keduanya akan diintegrasikan ke dalam arsitektur sistem yang sama untuk membangun sebuah solusi penghitungan yang andal dan teruji.

Selain menguji performa masing-masing model secara terpisah, penelitian ini juga akan menjajaki potensi penerapan ensemble learning. Metode ini merupakan sebuah pendekatan di mana hasil prediksi dari beberapa model (dalam hal ini

YOLOv8 dan SSD) digabungkan untuk menghasilkan keputusan akhir yang lebih akurat dan andal daripada model tunggal mana pun. Tujuannya adalah untuk memanfaatkan kekuatan unik dari setiap arsitektur; akurasi superior dari YOLOv8 dapat menutupi kelemahan SSD pada deteksi objek yang kompleks, sementara kecepatan inferensi SSD dapat mengimbangi latensi YOLOv8. Dengan menggabungkan "pandangan" dari kedua model, sistem berpotensi mengurangi *false positives* (deteksi keliru) dan *false negatives* (objek terlewat), sehingga secara signifikan meningkatkan ketangguhan sistem terhadap tantangan seperti oklusi dan kondisi pencahayaan yang sulit di Pelabuhan RORO Bengkalis.

Pelabuhan RORO Bengkalis dipilih sebagai studi kasus karena merepresentasikan tantangan dunia nyata yang kompleks dan dinamis, sehingga sangat relevan untuk menguji ketangguhan sistem yang akan dikembangkan. Lokasi ini menjadi tolok ukur ideal karena beberapa alasan yang saling berkaitan. Salah satunya adalah keberagaman jenis dan ukuran kendaraan yang melintas di area tersebut. Lalu lintas di pelabuhan ini didominasi oleh kendaraan dengan karakteristik yang sangat bervariasi, mulai dari sepeda motor, mobil pribadi, hingga truk multi-sumbu (tronton). Keberagaman ini menuntut sistem untuk memiliki kemampuan generalisasi yang kuat terhadap berbagai bentuk dan ukuran objek.

Selain itu, kondisi lingkungan di sekitar pelabuhan turut menambah kompleksitas pengujian sistem. Sebagai kawasan pesisir, pelabuhan ini menghadirkan tantangan visual seperti pantulan cahaya dari permukaan laut (*sea glare*), perubahan cuaca yang cepat, serta bayangan dinamis yang berubah-ubah. Semua faktor ini dapat memengaruhi akurasi sistem dalam melakukan proses deteksi maupun pelacakan objek.

Tantangan lainnya muncul dari tingkat kepadatan lalu lintas yang tinggi, terutama pada jam sibuk, di mana antrean panjang menyebabkan kendaraan saling menutupi (oklusi). Kondisi ini berisiko menimbulkan kegagalan dalam proses pendeteksian maupun penghitungan objek secara akurat. Di sisi lain, keterbatasan sudut pandang kamera pengawas (CCTV) juga menjadi hambatan tersendiri. Kamera yang tersedia umumnya dipasang untuk kebutuhan pengawasan umum,

bukan untuk keperluan analisis visual berbasis kecerdasan buatan. Akibatnya, sudut pandang yang sempit dan adanya distorsi perspektif sering kali menyulitkan sistem dalam mengidentifikasi serta melacak objek secara konsisten.

Dengan kompleksitas yang ditawarkan, pelabuhan ini memberikan gambaran nyata terhadap berbagai tantangan yang harus dihadapi oleh sistem deteksi dan pelacakan kendaraan, sehingga sangat sesuai dijadikan sebagai lokasi pengujian yang representatif.

Saat ini, pemantauan di Pelabuhan RORO Bengkalis masih sangat bergantung pada pengawasan manual. Kondisi ini menciptakan kesenjangan operasional (*gap*) yang signifikan antara kebutuhan akan data yang cepat dan akurat dengan metode yang digunakan di lapangan. Oleh karena itu, urgensi penelitian ini adalah untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan membangun dan menguji sebuah purwarupa (*prototype*) sistem teknologi yang dapat diaplikasikan langsung untuk mengatasi masalah nyata.

Pemanfaatan algoritma *deep learning* dalam sistem semacam ini telah menunjukkan hasil yang menjanjikan. Penelitian oleh Musyaffa dkk. (2024) membuktikan bahwa YOLOv8 mampu mencapai *mean Average Precision* (mAP) tinggi [1], sementara penelitian oleh Zhang dkk. (2023) menunjukkan bahwa arsitektur sejenis SSD dapat dioptimalkan untuk mendeteksi objek kecil [2]. Temuan-temuan ini memperkuat dasar pemilihan YOLOv8 dan SSD sebagai fondasi dalam pembangunan sistem penghitungan pada penelitian ini, karena keduanya memiliki potensi untuk menghasilkan sistem yang andal.

Untuk memastikan proses pengembangan sistem berjalan terstruktur, penelitian ini akan mengadopsi metodologi CRISP-DM (Cross-Industry Standard Process for Data Mining). Pendekatan ini mencakup tahapan yang jelas, mulai dari *Business Understanding* (mendefinisikan kebutuhan sistem penghitungan), *Data Understanding dan Preparation* (mengumpulkan dan menganalisis video CCTV), *Modeling* (merancang arsitektur sistem, melatih model, dan mengintegrasikan logika pelacakan dan penghitungan), *Evaluation* (mengukur akurasi penghitungan sistem), hingga rekomendasi untuk tahap *Deployment*.

Data jumlah kendaraan yang diperoleh secara otomatis tidak hanya berfungsi sebagai hasil penghitungan, namun juga menjadi indikator operasional dalam manajemen antrean pelabuhan. Informasi kepadatan kendaraan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan terkait alokasi kapal, estimasi waktu tunggu, serta optimalisasi arus kendaraan, sehingga sistem yang dibangun memiliki kontribusi langsung terhadap efisiensi operasional pelabuhan.

Dengan demikian, penelitian ini secara krusial bertujuan untuk mengimplementasikan dan menganalisis sebuah sistem penghitungan kendaraan secara *end-to-end*. Fokus utamanya adalah menyediakan solusi teknologi berbasis data yang fungsional untuk mendukung operasional di Pelabuhan RORO Bengkalis menjadi lebih cerdas, efisien, dan terukur.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini berfokus pada bagaimana merancang sistem penghitungan kendaraan otomatis berbasis *Computer Vision* untuk diterapkan di Pelabuhan RORO Bengkalis. Secara lebih spesifik, penelitian ini mengkaji langkah-langkah integrasi model YOLOv8 dan SSD ke dalam satu arsitektur sistem terpadu guna mendukung proses deteksi dan penghitungan kendaraan. Selain itu, dikaji pula bagaimana sistem tersebut mampu mengatasi berbagai tantangan lingkungan di lapangan, seperti variasi jenis kendaraan, oklusi (penghalang visual), keterbatasan sudut pandang kamera, serta dinamika kondisi pencahayaan. Pada akhirnya, seluruh permasalahan tersebut bermuara pada pertanyaan tentang bagaimana sistem yang dibangun ini dapat menjawab kebutuhan akan ketersediaan data kendaraan yang akurat sekaligus menjadi solusi pengganti bagi metode pemantauan manual yang selama ini dinilai kurang efisien.

1.3. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan ketercapaian tujuan penelitian, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Penelitian ini hanya membahas penghitungan kendaraan berdasarkan rekaman video CCTV Pelabuhan Penyeberangan RORO Bengkalis.
- 2 Objek penelitian dibatasi pada kendaraan Golongan II, Golongan IV, dan Golongan V, sesuai dengan klasifikasi kendaraan yang umum melintas di Pelabuhan RORO Bengkalis.
- 3 Model deteksi objek yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada YOLOv8 dan SSD (*Single Shot Multibox Detector*), tanpa melakukan perbandingan dengan algoritma deteksi objek lainnya.
- 4 Penelitian ini hanya berfokus pada proses deteksi dan penghitungan kendaraan, sehingga tidak mencakup identifikasi kendaraan secara spesifik, seperti nomor polisi, merek, atau jenis kendaraan secara detail.
- 5 Data yang digunakan berasal dari video CCTV dengan sudut pandang kamera tetap, sehingga penelitian ini tidak membahas kalibrasi kamera, optimasi posisi kamera, maupun perubahan sudut pengambilan gambar.
- 6 Evaluasi sistem dibatasi pada pengukuran performa deteksi dan penghitungan kendaraan, menggunakan metrik *precision*, *recall*, dan *F1 Score*
- 7 Sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dibatasi pada tahap purwarupa (prototype) dan digunakan untuk pengujian serta evaluasi kinerja model, bukan untuk implementasi operasional penuh di lingkungan pelabuhan.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem penghitungan kendaraan otomatis berbasis *Computer Vision* yang dapat diterapkan di Pelabuhan RORO Bengkalis. Sistem ini akan dikembangkan dengan mengintegrasikan dua arsitektur *deep learning*, yaitu YOLOv8 dan SSD, ke dalam satu kesatuan sistem deteksi dan penghitungan kendaraan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi serta mengatasi berbagai tantangan teknis yang muncul akibat kondisi lingkungan pelabuhan, seperti keberagaman jenis kendaraan, oklusi antar kendaraan, keterbatasan sudut pandang kamera, serta perubahan kondisi pencahayaan. Secara keseluruhan, penelitian ini ditujukan untuk membangun

sebuah solusi teknologi yang fungsional dan efisien, guna menggantikan metode pemantauan manual yang selama ini digunakan, sehingga mendukung operasional pelabuhan dengan data yang lebih akurat dan dapat diandalkan.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini dapat memperkaya literatur dan referensi ilmiah di bidang *Computer Vision*, khususnya dalam pengembangan sistem deteksi dan penghitungan kendaraan menggunakan algoritma *deep learning* seperti YOLOv8 dan SSD. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan yang berfokus pada implementasi teknologi kecerdasan buatan di sektor transportasi.

Secara praktis, penelitian ini memberikan manfaat nyata bagi pengelolaan operasional di Pelabuhan RORO Bengkalis. Dengan tersedianya sistem penghitungan kendaraan otomatis yang akurat, pihak pelabuhan dapat meningkatkan efisiensi dalam manajemen antrean, alokasi kapasitas kapal, dan perencanaan jadwal penyeberangan. Selain itu, sistem ini juga dapat mengurangi ketergantungan pada pengawasan manual, sehingga meminimalkan risiko human error dan meningkatkan kualitas layanan kepada pengguna jasa pelabuhan.