

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) telah memberikan dampak yang signifikan dalam berbagai bidang, khususnya dalam bidang Teknik Informatika. Salah satu cabang *AI* yang berkembang pesat adalah *computer vision*, yaitu teknologi yang memungkinkan komputer untuk memahami dan menganalisis citra digital maupun video secara otomatis. Penerapan *computer vision* saat ini telah banyak digunakan dalam berbagai sektor, seperti pengawasan keamanan, transportasi, industri, hingga sistem lalu lintas cerdas. Salah satu penerapan yang paling banyak dikembangkan adalah sistem deteksi dan penghitungan objek menggunakan metode *deep learning*. Penerapan teknologi *computer vision* berbasis *deep learning* terbukti mampu meningkatkan akurasi sistem deteksi objek pada berbagai aplikasi berbasis video [1].

Algoritma *You Only Look Once* varian *lightweight* atau *YOLOv4-tiny* merupakan salah satu metode deteksi objek berbasis *deep learning* yang terkenal karena kemampuannya dalam melakukan deteksi secara sangat cepat, ringan, dan akurat pada perangkat dengan spesifikasi standar. Berbeda dengan metode deteksi objek konvensional, *YOLOv4-tiny* melakukan proses deteksi dalam satu tahap (*single-stage detector*), sehingga sangat cocok untuk kebutuhan sistem *real-time*. Varian ini menawarkan arsitektur jaringan yang jauh lebih efisien, penggunaan memori (*RAM*) yang rendah, serta performa deteksi yang lebih stabil pada berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar di lingkungan terbuka. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa algoritma *YOLOv4-tiny* memiliki performa yang baik dalam mendeteksi kendaraan secara *real-time* dengan tingkat kecepatan bingkai (*Frame Per Second*) yang tinggi [2]. Oleh karena itu, *YOLOv4-tiny* menjadi salah satu algoritma yang sangat potensial untuk diterapkan pada sistem deteksi dan penghitungan kendaraan berbasis video di area pelabuhan.

Pelabuhan Ro-Ro Bengkalis merupakan salah satu fasilitas transportasi laut yang memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan distribusi barang di Kabupaten Bengkalis. Setiap harinya, pelabuhan ini melayani berbagai jenis kendaraan yang akan masuk ke dalam kapal Ro-Ro, seperti sepeda motor, mobil pribadi, kendaraan niaga, dan truk logistik. Pada waktu-waktu tertentu, khususnya menjelang jam keberangkatan kapal, volume kendaraan yang masuk dapat meningkat secara signifikan. Kondisi ini menuntut adanya sistem pencatatan kendaraan yang akurat dan efisien guna mendukung kelancaran operasional pelabuhan. Hingga saat ini, proses pencatatan jumlah kendaraan yang masuk ke dalam kapal Ro-Ro masih bergantung pada sistem tiket dan pengamatan manual oleh petugas pelabuhan. Proses manual tersebut memiliki beberapa keterbatasan, antara lain potensi terjadinya kesalahan pencatatan akibat faktor manusia (*human error*), ketidakkonsistenan data, serta keterlambatan dalam penyediaan informasi jumlah kendaraan yang telah masuk ke dalam kapal. Selain itu, sistem pencatatan manual umumnya belum terintegrasi secara digital, sehingga data historis kendaraan sulit untuk diolah lebih lanjut sebagai bahan evaluasi, perencanaan, maupun pengambilan keputusan di masa mendatang. Pencatatan kendaraan secara manual dinilai kurang efisien dan berpotensi menimbulkan kesalahan data, terutama pada kondisi lalu lintas kendaraan yang padat [2]. Keterbatasan sistem manual tersebut dapat berdampak pada berbagai aspek operasional pelabuhan, seperti pengaturan kapasitas muatan kapal, manajemen waktu keberangkatan, serta aspek keselamatan. Ketidaktepatan dalam mengetahui jumlah dan jenis kendaraan yang masuk ke dalam kapal dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban, keterlambatan keberangkatan, bahkan berpotensi menimbulkan risiko operasional lainnya.

Penelitian terkait sistem deteksi dan penghitungan kendaraan pada kapal Ro-Ro telah dilakukan sebelumnya oleh Rio Chandra dalam tugas akhirnya mengembangkan sistem simulasi pendeteksian dan penghitungan kendaraan yang masuk ke kapal roro berbasis rekaman video pada Tahun 2020 [3]. Penelitian tersebut dilatarbelakangi oleh kondisi pencatatan kendaraan yang masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi menimbulkan ketidakefisienan dalam

operasional pelabuhan. Namun, berdasarkan evaluasi akhir penelitian tersebut, sistem konvensional yang dibangun memiliki keterbatasan fatal pada kecepatan pemrosesan (*inferensi*), di mana perangkat komputer membutuhkan waktu tunda komputasi (*delay*) hingga 6 menit hanya untuk memproses video data uji berdurasi pendek 48 detik (6.5 kali lebih lambat dari durasi video asli). Selain itu, sudut pengambilan data video terdahulu diambil secara statis dari pinggir jalan darat pelabuhan yang sejajar dengan tinggi objek, sehingga rentan memicu kegagalan penyamaran objek (*occlusion effect*) saat kendaraan melaju beriringan rapat. Sistem lama tersebut juga masih bersifat simulasi lokal standar, belum memanfaatkan arsitektur *deep learning* untuk menekan kesalahan hitung, serta belum dilengkapi dengan platform penyajian hasil berbasis *website* yang dinamis.

Oleh karena itu, penelitian Tugas Akhir ini hadir sebagai solusi pengembangan tahap lanjut dengan mengimplementasikan algoritma *YOLOv4-tiny*. Pemilihan arsitektur *lightweight YOLOv4-tiny* ditujukan khusus untuk mengatasi masalah kelambatan *delay* pemrosesan pada penelitian terdahulu agar proses eksekusi bingkai video lapangan (pengujian.mp4) dapat berjalan secara *real-time* dan ringan tanpa menuntut spesifikasi komputer *server* yang tinggi. Pada penelitian ini, proses perekaman video dirancang dari sudut pandang atas (*overhead/bird's-eye view*) langsung dari atas jembatan *movable bridge* atau kapal Ro-Ro, sehingga seluruh dimensi badan kendaraan multikelas yang mengantre masuk ke dalam pintu ramdor kapal dapat terlihat dengan jelas secara spasial dari sudut pandang yang lebih luas untuk menekan efek *occlusion*. Guna menyempurnakan keterbatasan visualisasi data masa lalu, sistem otomatisasi ini juga dilengkapi dengan antarmuka platform berbasis *website* lokal terintegrasi basis data MySQL murni. Sistem ini mampu menyajikan data *log* historis secara transparan serta *render* Grafik Batang Vertikal murni secara dinamis untuk memudahkan pihak terkait dalam memantau jumlah volume kendaraan masuk secara informatif, terstruktur, dan *real-time* sebagai bahan pendukung evaluasi operasional Pelabuhan Ro-Ro Bengkalis.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini difokuskan pada implementasi algoritma *YOLOv4-tiny* untuk deteksi dan penghitungan kendaraan yang masuk ke dalam kapal Ro-Ro di Pelabuhan Bengkalis. Meskipun sistem yang

dikembangkan pada penelitian ini berfokus pada deteksi dan penghitungan jumlah kendaraan yang masuk ke kapal Ro-Ro, data hasil penghitungan tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai data historis untuk analisis operasional. Melalui akumulasi data jumlah kendaraan pada setiap kapal dan waktu tertentu, pihak pengelola pelabuhan dapat memperoleh gambaran mengenai jumlah kendaraan yang optimal dan efektif untuk setiap kapal. Namun demikian, penentuan kapasitas muatan kapal tetap berada di bawah kewenangan pihak pelabuhan dan tidak menjadi ruang lingkup sistem yang dikembangkan. Penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan kontribusi praktis dalam mendukung operasional pelabuhan, tetapi juga memberikan kontribusi akademik dalam pengembangan dan penerapan teknologi *object detection* berbasis *deep learning* di bidang Teknik Informatika Politeknik Negeri Bengkalis.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan, maka perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan algoritma YOLOv4-tiny untuk mendeteksi kendaraan yang masuk ke dalam Kapal Ro-Ro berdasarkan rekaman video dari atas kapal?
2. Bagaimana menghitung jumlah kendaraan secara otomatis berdasarkan hasil deteksi tersebut?
3. Bagaimana menentukan kendaraan yang benar-benar masuk ke dalam Kapal Ro-Ro menggunakan garis penghitung?
4. Bagaimana menampilkan data jumlah kendaraan yang masuk ke dalam Kapal Ro-Ro secara informatif melalui platform berbasis web sebagai data pendukung operasional pelabuhan?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Algoritma deteksi objek yang digunakan dikhususkan pada varian arsitektur ringan YOLOv4-tiny dengan memanfaatkan bobot yang telah dilatih sebelumnya berbasis dataset COCO.
2. Sistem hanya mendeteksi dan menghitung akumulasi kendaraan yang masuk, tidak mencakup kendaraan yang keluar.
3. Video data uji diambil secara mandiri dari atas kapal Pelabuhan Ro-Ro Bengkalis saat kendaraan memasuki area kapal.
4. Jenis kelas kendaraan yang dideteksi meliputi: sepeda motor, mobil pribadi, dan truk.
5. Sistem hanya melakukan proses deteksi dan penghitungan otomatis, tidak mencakup fungsi prediksi kepadatan, pengenalan plat nomor (ANPR), atau analisis pola lalu lintas lebih lanjut.
6. Tidak membahas kapasitas maksimal ruang muat atau jumlah ideal interior kendaraan dalam satu kapal.
7. Penentuan kapasitas maksimum kapal dan keputusan manajemen operasional berada di luar ruang lingkup penelitian dan sepenuhnya menjadi kewenangan pihak otoritas pelabuhan.
8. Visualisasi data akumulasi hasil penghitungan kendaraan ditampilkan secara otomatis pada sistem antarmuka berbasis web lokal menggunakan grafik batang vertikal murni.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengimplementasikan algoritma YOLOv4-tiny untuk mendeteksi kendaraan yang masuk ke dalam kapal Ro-Ro berdasarkan rekaman video yang diambil dari atas jembatan di Pelabuhan Ro-Ro Bengkalis.
2. Mengembangkan sistem penghitungan kendaraan masuk secara otomatis menggunakan logika pergerakan koordinat centroid piksel melewati

garis hitung dinamis.

3. Menganalisis kinerja algoritma *YOLOv4-tiny* dalam mendeteksi dan menghitung kendaraan yang masuk ke kapal Ro-Ro berdasarkan hasil pengujian lapangan dan perbandingan antara hasil sistem dengan perhitungan manual.
4. Membangun antarmuka berbasis *web* yang dapat menampilkan hasil penghitungan kendaraan berdasarkan jenis kendaraan dan waktu penghitungan sebagai informasi pendukung pemantauan kendaraan yang masuk ke kapal Ro-Ro.

1.5 Manfaat

Manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Penulis Penelitian ini dapat menambah wawasan, pengalaman empiris, dan pemahaman mendalam penulis mengenai penerapan algoritma *deep learning*, khususnya *YOLOv4-tiny*, dalam sistem deteksi kendaraan berbasis video. Selain itu, penulis dapat meningkatkan keterampilan teknis dalam pengolahan citra digital, pemrograman Python, integrasi *database* MySQL, serta pengembangan aplikasi *web* responsif.
2. Bagi Pelabuhan Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan referensi, evaluasi, dan pertimbangan bagi pihak pengelola Pelabuhan Ro-Ro Bengkalis dalam mengembangkan sistem monitoring volume kendaraan yang lebih modern, transparan, dan terkomputerisasi guna mendukung efisiensi operasional dermaga.
3. Bagi Akademik Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan ilmu Teknik Informatika di Politeknik Negeri Bengkalis, khususnya pada bidang computer vision. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai rujukan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan implementasi object detection pada optimasi transportasi laut.