

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, kontainer sering digunakan dalam berbagai sektor logistik dan transportasi karena telah terbukti efektif untuk melindungi barang selama pengiriman, memastikan bahwa barang dalam kondisi baik sampai tujuan dan mengurangi risiko kerusakan karena faktor eksternal (Haris et al., 2023). Kontainer dirancang dengan standar internasional yang memberikan panduan tentang spesifikasi teknis dan kelayakan penggunaannya. Namun, penerapan standar ini di negara berkembang sering menghadapi berbagai kendala. Menurut (Agus Susanto et al., 2023), kendala tersebut mencakup lemahnya pengawasan, kurangnya informasi, infrastruktur mutu yang tidak memadai, minimnya lembaga evaluasi untuk memastikan kepatuhan, serta ketidakselarasan standar antarnegara yang membuat implementasi menjadi sulit. Di banyak kasus, standar hanya dianggap sebagai persyaratan administratif tanpa implementasi yang serius (Willar et al., 2020) yang dapat menimbulkan kerugian ekonomi dan operasional.

Salah satu contoh tantangan ini dapat dilihat pada PT Berlian Jasa Terminal Indonesia (BJTI). Sebagai perusahaan peti kemas dengan skala domestik, BJTI sering menghadapi masalah terkait banyaknya kontainer yang tidak sesuai standar internasional, seperti terdapat penyok dan lubang. Meskipun kondisi ini dianggap layak untuk beroperasi pada skala domestik, hal ini menjadi sumber utama komplain dari pelanggan. Ketika laporan kerusakan badan kontainer diterima, BJTI harus menentukan lokasi kerusakan, apakah terjadi di dalam area terminal peti kemas atau di luar area tersebut. Proses ini masih dilakukan secara manual dengan mengandalkan rekaman CCTV, yang membutuhkan waktu dan rentan terhadap kesalahan. Kesalahan dalam menentukan lokasi tidak hanya merugikan pihak perusahaan, tetapi juga berisiko menurunkan kepercayaan pelanggan terhadap layanan BJTI, yang berpotensi memengaruhi loyalitas pelanggan dan mendorong mereka untuk beralih ke penyedia jasa lain yang dianggap lebih terpercaya (Juanda et al., 2024).

Kurangnya pengawasan selama proses operasional dapat menyebabkan suatu insiden atau kerusakan tidak tercatat, yang pada akhirnya berisiko memicu sengketa tanggung jawab dan kerugian (Ganda et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan solusi yang efektif untuk mengotomatisasi deteksi kerusakan kontainer, khususnya di PT Berlian Jasa Terminal Indonesia guna mengurangi kerugian akibat tidak bisa membuktikan lokasi kerusakan, meningkatkan efisiensi layanan, dan mempertahankan kepercayaan pengguna. Salah satu teknologi yang mampu mendeteksi objek dengan baik

adalah YOLO (*You Only Look Once*). YOLO merupakan metode deteksi objek satu tahap, di mana proses pendeteksian objek dilakukan dalam satu langkah. Metode ini dapat memproses gambar secara langsung untuk mendeteksi semua objek sekaligus, menghasilkan *bounding box* dan klasifikasi secara efisien dan cepat (Wang & Liao, 2024). Tantangan utama dalam penerapan teknologi ini adalah melatih model agar dapat mengenali berbagai jenis dan tingkat kerusakan kontainer secara akurat. Keberhasilan model deteksi sangat bergantung pada kualitas dan variasi dataset yang digunakan untuk pelatihan. Penelitian ini akan berfokus pada pengembangan dan implementasi sistem deteksi menggunakan model YOLO yang dilatih secara khusus dengan dataset kerusakan kontainer yang relevan dengan kondisi di lapangan.

Model YOLOv11 dipilih dalam penelitian ini karena menunjukkan keunggulan signifikan dari sisi akurasi, efisiensi, dan kemampuan generalisasi dalam berbagai kondisi deteksi objek. (Sharma et al., 2024) melakukan perbandingan performa YOLOv8 hingga YOLOv11 serta Faster R-CNN dalam mendeteksi spesies gulma, dan hasilnya menunjukkan bahwa YOLOv11 memiliki waktu inferensi tercepat, yakni 13,5 ms per gambar, menjadikannya sangat ideal untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi di. Selanjutnya, (Sapkota et al., 2025) mengevaluasi YOLOv11 dalam lingkungan kebun apel yang kompleks dan menemukan bahwa YOLOv11 mencapai akurasi tinggi dengan $mAP@0.5$ sebesar 0.933 serta waktu inferensi hanya 2,4 ms, menunjukkan efisiensi tinggi untuk pendeteksian cepat dan akurat dalam kondisi pencahayaan dan latar belakang yang bervariasi. Sementara itu, (He et al., 2025) menegaskan kemampuan YOLOv11 dalam mendeteksi objek multikategori pada citra resolusi tinggi, dengan $mAP@0.5$ sebesar 0.892 dan F1-score sebesar 0.8709. Hal ini dicapai berkat arsitektur YOLOv11, termasuk integrasi modul C3K2, SPPF, dan C2PSA yang meningkatkan kemampuan deteksi multiskala dan kompleksitas visual. Ketiga studi tersebut secara kolektif membuktikan bahwa YOLOv11 merupakan pilihan yang tepat untuk mendukung sistem deteksi kerusakan kontainer secara efisien dan presisi tinggi.

Dengan penelitian ini, diharapkan sistem dapat mendeteksi kerusakan badan kontainer secara otomatis dengan akurat dan efektif, memberikan bukti valid mengenai kondisi kontainer saat memasuki area PT Berlian Jasa Terminal Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang, mengembangkan, mengevaluasi, dan mengintegrasikan sistem deteksi kerusakan badan kontainer berbasis YOLOv11 di area *gate-in* PT Berlian Jasa Terminal Indonesia

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan, mengevaluasi, dan mengintegrasikan sistem deteksi kerusakan badan kontainer berbasis YOLOv11 yang dapat bekerja secara otomatis untuk mendukung efisiensi operasional dan memberikan bukti kondisi kontainer yang valid di *gate-in* PT Berlian Jasa Terminal Indonesia.

1.4. Batasan dan Asumsi Penelitian

Berikut merupakan batasan masalah dan asumsi penelitian yang diterapkan pada penelitian ini:

Batasan masalah:

1. Sistem akan mendeteksi keberadaan kerusakan secara umum dengan memberikan label *damage*. Jenis kerusakan spesifik yang menjadi fokus utama dan digabungkan dalam label *damage* ini adalah penyok dan lubang, sesuai dengan keluhan yang sering diterima.
2. Penelitian ini tidak mengakses stream video CCTV secara langsung. Sistem bekerja dengan memproses kumpulan file gambar (6 gambar kontainer untuk sekali *capture*) yang secara otomatis ditangkap dan disimpan ke server oleh sistem gate PT BJTI setelah proses registrasi di *gate-in*.
3. Pengujian dilakukan pada lingkungan operasional *gate-in* yang telah disepakati oleh pihak operasional PT Berlian Jasa Terminal Indonesia dan hanya mencakup tahap pengembangan dan simulasi integrasi sistem, tanpa melibatkan implementasi penuh lapangan.

Asumsi Penelitian:

1. Kualitas citra yang digunakan untuk pelatihan dan pengujian memiliki kualitas yang baik, tanpa noise atau distorsi yang signifikan.
2. Data latih yang dikumpulkan (baik dari sumber internal maupun eksternal) diasumsikan telah merepresentasikan variasi kerusakan yang umum terjadi komplain oleh pelanggan PT BJTI.
3. Perangkat keras (Kamera CCTV, Server, Jaringan) diasumsikan berfungsi dengan baik selama proses pengujian, tanpa gangguan teknis seperti kegagalan perangkat keras atau masalah pada jaringan.

1.5. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penjabaran permasalahan dan tujuan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi PT Berlian Jasa Terminal Indonesia:
 - Mengurangi risiko kerugian akibat kerusakan badan kontainer yang tidak terdeteksi.
 - Meningkatkan efisiensi operasional dengan sistem deteksi kerusakan badan kontainer secara otomatis.
 - Meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap layanan PT Berlian Jasa Terminal Indonesia
2. Bagi Industri Logistik:
 - Memberikan solusi berbasis teknologi untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan inspeksi kontainer.
3. Bagi Akademis dan Peneliti:
 - Menjadi referensi untuk pengembangan teknologi deteksi berbasis *computer vision* menggunakan YOLO.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan pada penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur dan alur pembahasan yang akan dilakukan. Berikut merupakan sistematika penulisan dalam penelitian ini.

1.6.1. BAB I

Pada bab ini, dijelaskan latar belakang penelitian rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan dan asumsi penelitian, dan serta manfaat penelitian. Bab ini juga menjelaskan mengapa penelitian menggunakan metode deteksi YOLOv11.

1.6.2. BAB II

Bab ini akan membahas teori-teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian. Tinjauan pustaka berisi konsep dasar deteksi objek, teknologi YOLO, serta penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan deteksi kerusakan badan kontainer.

1.6.3. BAB III

Bab ini menguraikan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi desain alur penelitian, perancangan sistem, metode pengumpulan data, pelatihan dan pengujian model deteksi YOLO, serta tahapan integrasi dan validasi sistem secara menyeluruh.

1.6.4. BAB IV

Bab ini memaparkan seluruh proses pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan. Isi bab ini mencakup rincian pengumpulan data primer dan sekunder, langkah-langkah preprocessing data seperti pembersihan dan

pelabelan, hasil augmentasi data untuk memperkaya dataset, serta pembagian dataset menjadi data latih, validasi, dan uji. Bab ini juga menjelaskan lingkungan dan skenario eksperimen untuk pelatihan model.

1.6.5. BAB V

Bab ini menyajikan analisis dan pembahasan hasil penelitian secara mendalam. Pembahasan mencakup evaluasi hasil pengujian dari empat skenario model untuk menentukan model terbaik, analisis *confusion matrix* dari model terpilih, evaluasi kecepatan waktu deteksi sistem pada CPU, dan hasil uji fungsionalitas integrasi dengan antarmuka website. Bab ini ditutup dengan analisis hasil secara keseluruhan yang merangkum kelayakan dan kinerja sistem.

1.6.6. BAB VI

Bab ini merupakan bagian penutup dari laporan penelitian yang berisi kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang menjawab rumusan masalah, serta saran untuk pihak perusahaan dan untuk pengembangan penelitian selanjutnya di masa mendatang.