BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri 4.0 telah mendorong transformasi sistem logistik dan pergudangan menuju otomatisasi guna meningkatkan efisiensi, keselamatan kerja, dan produktivitas. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Automated Guided Vehicle* (AGV) forklift yang mampu melakukan proses pemindahan dan penempatan barang secara mandiri. Namun, implementasi AGV forklift di lingkungan gudang masih menghadapi berbagai tantangan, seperti kondisi lingkungan yang dinamis, keberadaan manusia dan kendaraan lain, serta variasi pencahayaan dan posisi pallet yang tidak terstruktur [1]. Oleh karena itu, sistem persepsi yang akurat dan mampu bekerja secara *real-time* menjadi kebutuhan utama.

Secara umum, solusi yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan persepsi AGV adalah integrasi sensor seperti kamera dan LiDAR dengan algoritma *deep learning*. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah YOLO (*You Only Look Once*), yang memiliki keunggulan dalam kecepatan dan akurasi deteksi objek melalui pendekatan *single-stage detection*. Metode ini telah banyak diterapkan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk pengenalan lingkungan AGV forklift dan deteksi objek di area gudang [2], [3]. Selain itu, YOLO juga terbukti efektif dalam meningkatkan keselamatan operasional forklift melalui deteksi objek secara *real-time* [4].

Meskipun demikian, terdapat beberapa permasalahan spesifik dalam pengembangan AGV forklift. Pertama, sistem harus mampu mendeteksi halangan statis maupun dinamis untuk menghindari tabrakan. Namun, penelitian menunjukkan bahwa sistem deteksi halangan masih memiliki keterbatasan, terutama dalam mendeteksi objek kecil atau kondisi lingkungan tertentu [5]. Kedua, kemampuan mendeteksi dan mengenali pallet secara akurat sangat penting agar forklift dapat melakukan proses pengambilan barang dengan presisi. Beberapa

penelitian telah mengembangkan sistem deteksi pallet berbasis visi komputer, tetapi masih terbatas pada fungsi deteksi tanpa integrasi penuh dengan sistem navigasi dan kontrol [6], [7].

Selain itu, proses *docking* atau penyelarasan posisi forklift terhadap target seperti pallet atau *loading dock* memerlukan estimasi posisi dan orientasi yang presisi. Tantangan utama dalam sistem docking berbasis visi komputer adalah variasi kondisi lingkungan dan pencahayaan yang dapat mempengaruhi akurasi deteksi. Sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada satu aspek, seperti deteksi objek, penghindaran rintangan, atau pengenalan pallet secara terpisah, tanpa mengintegrasikan seluruh fungsi dalam satu sistem [4], [8]. Padahal, dalam implementasi nyata, AGV forklift membutuhkan sistem yang mampu melakukan deteksi halangan, identifikasi pallet, dan estimasi posisi docking secara simultan.

Berdasarkan kajian tersebut, masih terdapat celah penelitian dalam pengembangan sistem terintegrasi berbasis visi komputer untuk AGV forklift. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan perancangan sistem deteksi halangan, pallet, dan posisi docking berbasis YOLO. Sistem yang dirancang diharapkan mampu melakukan deteksi multi-objek secara *real-time* serta mengestimasi posisi relatif terhadap target docking untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi operasional.

Hipotesis dalam penelitian ini adalah bahwa model YOLO yang dilatih menggunakan dataset lingkungan gudang mampu mencapai akurasi deteksi yang tinggi, serta integrasi antara deteksi objek dan estimasi posisi dapat meningkatkan presisi docking dibandingkan metode konvensional. Selain itu, sistem yang diusulkan diharapkan mampu meningkatkan keselamatan dan efisiensi penggunaan AGV forklift di lingkungan industri

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem *perception* visual berbasis YOLOv8 pada AGV forklift untuk mendeteksi objek serta mengintegrasikan hasil deteksi sebagai informasi yang digunakan dalam proses *alignment* dan *docking* pallet?
2. Bagaimana kemampuan sistem *perception* berbasis YOLOv8 dalam mendeteksi halangan dan pallet pada variasi jarak, posisi atau orientasi, serta kondisi pencahayaan berdasarkan nilai *confidence* dan *detection rate*?
3. Bagaimana kemampuan sistem *perception* dalam menghasilkan informasi *error lateral*, *error yaw*, dan *error forward* berdasarkan fitur visual pallet sebagai informasi posisi relatif antara AGV forklift dan pallet?
4. Bagaimana respons sistem kendali docking ketika *error lateral*, *error yaw*, dan *error forward* digunakan sebagai masukan untuk menghasilkan perintah gerak AGV forklift selama proses pendekatan dan penyelarasan terhadap pallet?

1.3. Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem *perception* visual berbasis YOLOv8 pada AGV forklift untuk mendeteksi objek serta mengintegrasikan hasil deteksi dengan proses pengolahan *alignment* dan *docking* pallet.

2. Mengevaluasi kemampuan sistem *perception* berbasis YOLOv8 dalam mendeteksi halangan dan pallet pada variasi jarak, posisi atau orientasi, serta kondisi pencahayaan berdasarkan nilai *confidence* dan *detection rate*.

3. Mengembangkan dan mengevaluasi sistem pengolahan visual untuk menghasilkan *error lateral*, *error yaw*, dan *error forward* sebagai informasi posisi relatif AGV forklift terhadap pallet.

4. Mengimplementasikan dan mengevaluasi respons sistem kendali docking berdasarkan perubahan *error lateral*, *error yaw*, dan *error forward*, perintah kendali, respons aktuator, serta kondisi kestabilan sistem selama proses pendekatan dan penyelarasan AGV forklift terhadap pallet.

1.4. Manfaat Tugas Akhir

1.4.1 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang robotika, khususnya pada sistem persepsi visual dan navigasi robot otonom. Implementasi algoritma YOLOv8 dalam mendeteksi objek seperti pallet dan halangan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan computer vision pada AGV. Selain itu, integrasi antara sistem deteksi objek, sensor jarak, dan algoritma navigasi memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai sistem robot otonom berbasis multi-sensor.

1.4.2 Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan sistem AGV forklift di lingkungan industri, khususnya dalam proses material handling. Sistem deteksi halangan memungkinkan robot untuk menghindari tabrakan secara real-time, sedangkan deteksi pallet membantu dalam proses identifikasi target secara otomatis. Selain itu, perancangan sistem docking yang akurat dapat meningkatkan keberhasilan proses pengambilan dan penempatan barang.

Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat:

- Mengurangi ketergantungan terhadap operator manusia
- Meningkatkan efisiensi operasional gudang
- Meminimalkan risiko kecelakaan kerja
- Meningkatkan akurasi dalam proses positioning pallet

1.5. Pembatasan Masalah

Supaya penelitian lebih terfokus dan terarah, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Webcam* yang digunakan pada penelitian adalah Orbbec Astra Pro sebagai kamera depth, tanpa penggunaan sensor tambahan lainnya dalam proses persepsi lingkungan, kamera astra pro depht mengidentifikasi *docking* menggunakan *floor marking*.

2. Kamera depth Astra Pro digunakan untuk mengidentifikasi posisi docking dengan memanfaatkan tanda khusus (floor marking) yang terdapat pada lantai gudang sebagai referensi penentuan posisi robot.Penglihatan kamera berputar berdasarkan waktu
3. Objek halangan yang dideteksi oleh sistem dibatasi pada manusia yang berada dalam jangkauan area pengamatan kamera, sehingga fokus deteksi difokuskan pada aspek keselamatan operasional.
4. Sistem penglihatan kamera bersifat statis.
5. Proses *alligment* menggunakan set point untuk mempermudah docking
6. Mapping yang digunakan tidak berubah uubah
7. Seluruh proses pengambilan data dan pengujian sistem dilakukan di lingkungan Gudang (indoor).
8. Pencahayaan pada Gudang dibuat untuk membantu YOLOv8 mendeteksi secara akurat

1.6. Sistematika Tugas Akhir

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai isi dan pembahasan pada setiap bab. Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB 1 PENDAHULUAN

  Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan tugas akhir.
- BAB 2 DASAR TEORI

  Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari perancangan sistem, diagram blok sistem, metode pengolahan data, hingga alur implementasi sistem navigasi kendaraan otonom.
- BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

  Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, mulai dari perancangan sistem, diagram blok sistem, metode pengolahan data, hingga alur implementasi sistem navigasi kendaraan otonom.
- BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem yang telah dirancang, serta analisis terhadap performa sistem navigasi, termasuk akurasi estimasi posisi dan kinerja algoritma yang digunakan.

- BAB V PENUTUP

  Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya