

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam ekosistem industri modern yang bertransformasi menuju konsep *smart factory*, kelancaran arus barang dan efisiensi sistem logistik menjadi parameter utama dalam menentukan produktivitas manufaktur. Implementasi *Automated Guided Vehicle* (AGV) kini telah menjadi standar teknologi untuk menciptakan sistem pemindahan material yang mandiri dan terukur. Penggunaan AGV tidak hanya bertujuan untuk menjamin ketepatan waktu dalam siklus distribusi, tetapi juga berfungsi untuk mengoptimalkan alokasi tenaga kerja agar dapat dialihkan dari tugas-tugas repetitif ke pekerjaan yang lebih strategis. Selain itu, fleksibilitas teknologi otonom ini kini telah diperluas untuk menangani tugas-tugas spesifik lainnya, seperti otomatisasi manajemen pembuangan limbah operasional guna mendukung standar kebersihan dan keteraturan lingkungan kerja secara berkelanjutan [1], [2].

Keberhasilan operasional AGV sangat bergantung pada sistem persepsi lingkungan. Hingga saat ini, banyak navigasi yang masih mengandalkan sensor ultrasonik karena kemudahan integrasi dan optimalisasi sumber daya dalam implementasinya. Namun, sensor berbasis gelombang suara ini memiliki keterbatasan teknis di lingkungan industri yang padat. Sensor ultrasonik sangat sensitif terhadap gangguan frekuensi suara dari mesin produksi (*acoustic noise*), yang sering mengakibatkan kesalahan pembacaan jarak. Ketidakakuratan pembacaan data pada sensor ultrasonik akibat gangguan *acoustic noise* berdampak pada ritme kerja sistem logistik. Kesalahan deteksi yang menyebabkan robot berhenti tanpa alasan menurunkan efisiensi waktu operasional, sedangkan rintangan yang tidak terdeteksi berpotensi membahayakan keselamatan. Oleh karena itu, diperlukan perumusan masalah untuk mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan tersebut.[3].

Sebagai solusi untuk meningkatkan kecerdasan navigasi, teknologi *computer vision* mulai diadopsi secara luas karena kemampuannya dalam memberikan informasi visual yang lebih kaya mengenai lingkungan *indoor* dibandingkan sensor jarak konvensional. Melalui algoritma deteksi objek berbasis *Deep Learning* seperti

YOLO (*You Only Look Once*), AGV dapat mengenali jenis rintangan secara spesifik untuk menentukan manuver penghindaran yang paling efektif [4], [5].

Namun, implementasi model *Deep Learning* tingkat tinggi pada AGV sering kali menghadapi tantangan terkait kebutuhan spesifikasi perangkat keras yang masif. Secara konvensional, performa deteksi *Real-Time* yang optimal pada perangkat *edge* menuntut penggunaan modul komputasi dengan unit pemrosesan grafis (GPU) terdedikasi, seperti seri NVIDIA Jetson, atau *single-board computer* kelas atas seperti *Raspberry Pi 5* yang memerlukan tambahan kit akselerasi AI. Ketergantungan pada perangkat keras khusus tersebut secara signifikan meningkatkan biaya investasi sistem dan kompleksitas pemeliharaan, yang sering kali menjadi hambatan bagi adopsi teknologi ini pada skala industri yang lebih luas. Di sisi lain, sebagian besar perangkat *edge computing* yang lebih terjangkau umumnya hanya mengandalkan unit pemrosesan pusat (CPU) yang memiliki keterbatasan sumber daya, sehingga menjalankan model deteksi objek yang berat tanpa optimasi dapat menyebabkan latensi atau keterlambatan respons sistem yang sangat kritis [5], [6].

Oleh karena itu, diperlukan sebuah strategi untuk mengoptimalkan potensi arsitektur terbaru seperti *YOLO26* agar mampu beroperasi secara handal pada perangkat komputasi berdaya rendah seperti *Mini PC* berbasis *Intel N100* [7]. Meskipun menawarkan efisiensi operasional, eksekusi *YOLO26* secara murni pada CPU sering kali menghadapi kendala dalam mencapai kecepatan inferensi yang stabil untuk kebutuhan *Real-Time*. Dalam konteks ini, penggunaan *Toolkit* akselerasi seperti *OpenVINO* diterapkan sebagai prosedur pendukung guna menjembatani kesenjangan performa tersebut. Langkah ini dilakukan untuk memastikan bahwa sistem tetap memiliki responsivitas tinggi dalam mendukung keamanan navigasi robot AGV.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah Bagaimana performa arsitektur *YOLO26* dalam mendeteksi objek secara *Real-Time* pada perangkat komputasi berdaya rendah, serta bagaimana pengaruh optimasi *OpenVINO* terhadap peningkatan performa tersebut dalam mendukung navigasi robot AGV?

C. Batasan Penelitian

Agar penelitian ini dapat berjalan lebih terarah dan fokus, serta untuk menjaga kerahasiaan data industri yang menjadi inspirasi penelitian, maka ditentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada subsistem persepsi visual untuk mendeteksi empat kelas rintangan (*obstacle*) utama, yaitu: Manusia (*Person*), Tempat Sampah (*TrashBin*), Kotak (*Box*), dan Papan Peringatan (*Sign*).
2. Model yang dievaluasi terbatas pada arsitektur *YOLO26*. Pengujian dilakukan pada model dasar (format .pt) serta model yang telah dioptimasi menggunakan *framework OpenVINO* untuk memaksimalkan instruksi CPU *Intel*.
3. Seluruh dataset berasal dari data sekunder pada repositori *Roboflow*. Pengujian performa sistem dilakukan pada lingkungan dalam ruangan (*indoor*) dengan kondisi pencahayaan stabil, tanpa mencakup pengujian pada kondisi cuaca ekstrim atau luar ruangan (*outdoor*).
4. Pengujian dilakukan menggunakan *Mini PC Intel N100* (TDP 6W) dan kamera web.
5. Implementasi dilakukan pada purwarupa robot agv skala kecil.
6. Lingkungan perangkat lunak untuk pengujian inferensi dibatasi pada sistem operasi *Windows 11 Pro*.
7. Penentuan performa melalui tiga aspek terukur, yaitu akurasi deteksi yang diukur menggunakan metrik *mAP@50-95*, efisiensi komputasi yang diukur melalui kecepatan inferensi dalam satuan *Frames Per Second* (FPS), serta stabilitas latensi yang diukur dalam satuan milidetik (ms).
8. Penelitian ini tidak membahas dinamika kontrol mekanik, sistem navigasi SLAM, metode penghindaran rintangan (*path planning*), atau penggunaan memori secara mendalam.
9. Pengujian performa deteksi objek dan pengukuran kecepatan inferensi pada perangkat *edge* dilakukan dalam kondisi robot AGV diam (statis). Penelitian ini tidak mengevaluasi dampak guncangan mekanik atau dinamika pergerakan robot secara langsung terhadap pergeseran akurasi jarak secara *real-time*.

D. Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi tingkat akurasi serta efisiensi sumber daya termasuk di dalamnya pengukuran stabilitas latensi inferensi dari arsitektur *YOLO26* saat mendeteksi objek menggunakan perangkat komputasi berdaya rendah. Lebih lanjut, penelitian ini juga bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif bagaimana efektivitas dan pengaruh optimasi menggunakan *framework OpenVINO* terhadap peningkatan metrik kinerja tersebut, guna memastikan kelayakan operasional model sebagai sistem persepsi visual yang andal, dan *Real-Time* dalam mendukung kelancaran navigasi robot AGV.

E. Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti, Menjadi wadah pengaplikasian ilmu pengetahuan secara praktis untuk mengevaluasi tingkat akurasi deteksi dan kecepatan inferensi dari arsitektur *YOLO26* pada perangkat keras komputasi berdaya rendah. Melalui penelitian ini, peneliti mendapatkan pemahaman teknis secara langsung mengenai seberapa efektif penggunaan *framework OpenVINO* dalam menstabilkan latensi dan meningkatkan *frame rate* tanpa menggunakan akselerator GPU.
2. Bagi Mahasiswa, Menyediakan data hasil pengujian akurasi dan kecepatan yang dapat dijadikan sebagai studi kasus serta referensi teknis bagi mahasiswa yang ingin mengembangkan sistem persepsi visual. Hasil komparasi kinerja ini diharapkan dapat memandu pengembangan selanjutnya yang berfokus pada penerapan algoritma deteksi objek waktu nyata (*real-time*) di lingkungan *edge computing*.
3. Bagi industri, Menyediakan gambaran mengenai potensi dan kemampuan operasional *Mini PC* bertenaga CPU murni sebagai unit pemrosesan visual pada robot AGV. Evaluasi ini diharapkan penggunaan sistem kamera ekonomis dapat digunakan sebagai pelengkap maupun alternatif sensor jarak konvensional dalam mengenali rintangan di area produksi.