

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Autonomous Delivery Vehicle (ADV) merupakan kendaraan bergerak yang membutuhkan informasi mengenai kondisi lingkungan untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Informasi posisi kendaraan saja belum cukup untuk menggambarkan kondisi yang berada di depan kendaraan. Dalam lingkungan operasional terbatas, ADV dapat berhadapan dengan manusia, perubahan batas jalur, maupun area yang tidak dapat dilalui. Oleh karena itu, diperlukan sistem persepsi yang mampu mengubah informasi lingkungan menjadi data yang dapat digunakan oleh sistem kendaraan [1].

Kamera *Red–Green–Blue* (RGB) dapat digunakan sebagai sensor persepsi karena mampu merekam informasi objek dan struktur area di depan kendaraan dalam satu *frame*. Informasi tersebut dapat diolah untuk beberapa tugas sekaligus, seperti *object detection*, *drivable area segmentation*, dan *lane line segmentation*. Pendekatan persepsi multitugas memungkinkan ketiga informasi tersebut diperoleh dalam satu *pipeline* pemrosesan. *You Only Look Once for Panoptic Driving Perception* (YOLOP) dan pengembangannya, YOLOPv2, merupakan model persepsi berkendara yang dirancang untuk menghasilkan ketiga keluaran tersebut [2], [3].

Namun, keluaran model persepsi belum secara langsung menjadi informasi yang dapat digunakan pada sistem ADV. Hasil *object detection* masih perlu ditafsirkan sebagai informasi keberadaan *obstacle*, sedangkan keluaran *drivable area* dan *lane line* perlu diolah lebih lanjut untuk menggambarkan kondisi jalur terhadap batas aman kendaraan. Selain itu, pada objek manusia, keberadaan objek saja belum memberikan informasi mengenai seberapa jauh objek tersebut berada dari kendaraan. Kondisi ini menyebabkan implementasi sistem persepsi tidak hanya memerlukan proses inferensi model, tetapi juga pengolahan lanjutan terhadap keluaran model agar menghasilkan informasi yang terstruktur dan dapat dievaluasi.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini mengimplementasikan YOLOPv2 sebagai model utama sistem persepsi visual pada ADV menggunakan

kamera RGB Astra. Keluaran *object detection* digunakan sebagai dasar pembentukan informasi *obstacle*, sedangkan *drivable area* dan *lane line* diolah menjadi informasi *Lane Safety*. Pada pengujian manusia, *pipeline* dilengkapi mekanisme verifikasi kelas sebagai modul pendukung agar kandidat manusia yang digunakan pada proses evaluasi dapat dicatat secara konsisten. Estimasi jarak kemudian digunakan untuk memberikan informasi posisi longitudinal manusia terhadap kendaraan.

Implementasi sistem pada tahap pengujian akhir dijalankan menggunakan mini *Personal Computer* (PC) Intel NUC dengan Ubuntu 22.04 dan *Robot Operating System 2* (ROS 2) Humble. Platform rancangan awal menggunakan NVIDIA Jetson Orin Nano, tetapi pengujian akhir dialihkan ke Intel NUC setelah terjadi gangguan antarmuka *Universal Serial Bus* (USB) pada tahap integrasi perangkat keras. Perubahan tersebut menyebabkan proses inferensi akhir dijalankan pada *Central Processing Unit* (CPU). Oleh karena itu, selain ketepatan keluaran persepsi, performa pemrosesan juga perlu dievaluasi untuk mengetahui karakteristik sistem pada platform komputasi yang digunakan.

Dengan demikian, evaluasi penelitian difokuskan pada empat aspek utama, yaitu validasi fungsi sistem persepsi, kemampuan mendeteksi manusia dan memperkirakan jaraknya pada kondisi malam dan siang, kemampuan mengolah *drivable area* dan *lane line* menjadi informasi *Lane Safety*, serta performa pemrosesan sistem pada platform CPU. Sebagai verifikasi tambahan terhadap implementasi, dilakukan pengujian integrasi terbatas untuk memastikan informasi *obstacle* dapat diteruskan menjadi representasi lingkungan dan status *Lane Safety* dapat diperbarui ketika kondisi visual berubah. Pengujian integrasi tersebut tidak digunakan untuk menyatakan keberhasilan navigasi maupun kontrol kendaraan secara keseluruhan.

Pengembangan ADV pada penelitian ini merupakan bagian dari Tugas Akhir kelompok yang dibagi berdasarkan fungsi utama pada sistem kendaraan. Pada subsistem navigasi, Azka Bintang Nur Taqwa melakukan penelitian berjudul “*Perancangan Sistem Navigasi Autonomous Delivery Vehicle Berbasis Sensor GNSS, IMU, dan Odometri Menggunakan Extended Kalman Filter serta Smac*

Planner A pada Navigation2”*. Penelitian tersebut berfokus pada pengolahan data *Global Navigation Satellite System* (GNSS), *Inertial Measurement Unit* (IMU), dan odometri untuk memperoleh estimasi keadaan kendaraan serta implementasi perencanaan lintasan pada sistem navigasi ADV. Sementara itu, pada subsistem kendali steering, Firda Amanda Fitri melakukan penelitian berjudul “*Perancangan Sistem Kendali Posisi Steering Motor BLDC Berbasis Field Oriented Control (FOC) Menggunakan STM32F103RCT6 dan Sensor Encoder pada Autonomous Delivery Vehicle*”. Penelitian tersebut berfokus pada implementasi kendali posisi motor *Brushless Direct Current* (BLDC) sebagai aktuator steering kendaraan. Kedua penelitian tersebut menjadi bagian dari sistem ADV yang sama dengan penelitian ini, tetapi memiliki objek evaluasi yang berbeda. Subsistem navigasi menangani estimasi keadaan dan perencanaan lintasan, subsistem kendali steering menangani pengendalian aktuator kemudi, sedangkan penelitian ini menangani penyediaan informasi lingkungan melalui subsistem persepsi visual.

Berdasarkan keterkaitan antarsubsistem tersebut serta kebutuhan sistem persepsi yang telah diuraikan, penelitian berjudul “*IMPLEMENTASI YOLOPv2 PADA SISTEM PERSEPSI VISUAL AUTONOMOUS DELIVERY VEHICLE*” dilakukan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem persepsi visual berbasis YOLOPv2 pada ADV melalui pengolahan informasi *obstacle*, estimasi jarak manusia, *Lane Safety*, dan performa pemrosesan sistem.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana mengimplementasikan sistem persepsi visual berbasis YOLOPv2 dan kamera RGB Astra pada ADV melalui ROS 2?
2. Bagaimana kemampuan sistem dalam mendeteksi manusia dan memperkirakan jaraknya pada rentang 1–5 m pada kondisi malam dan siang?
3. Bagaimana keluaran lane line dan drivable area diolah menjadi informasi Lane Safety pada enam kondisi pengujian?
4. Bagaimana performa pemrosesan sistem persepsi berbasis YOLOPv2 ditinjau dari throughput pipeline dalam *Frames per Second* (FPS), inference time, processing time, dan frame age?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1. Mengimplementasikan sistem persepsi visual berbasis YOLOPv2 menggunakan kamera RGB Astra dan ROS 2 pada ADV.
2. Mengevaluasi deteksi manusia dan estimasi jarak pada rentang 1–5 m pada kondisi malam dan siang menggunakan detection rate, confidence, *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Root Mean Square Error* (RMSE).
3. Mengevaluasi pengolahan lane line dan drivable area YOLOPv2 menjadi Lane Safety pada enam kondisi pengujian.
4. Mengevaluasi performa pemrosesan sistem persepsi berdasarkan pipeline throughput (FPS), inference time, processing time, dan frame age.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

1. Penelitian memberikan dokumentasi implementasi sistem persepsi visual berbasis YOLOPv2 pada ADV dan metode evaluasi yang dapat ditelusuri dari data pengujian.
2. Hasil pengujian menyediakan dasar kuantitatif untuk menilai deteksi manusia, estimasi jarak, Lane Safety, dan performa pemrosesan sistem persepsi pada platform CPU.

1.5 Batasan Masalah

1. Masukan utama sistem persepsi dibatasi pada citra RGB dari kamera Orbbec Astra Pro. Meskipun perangkat menyediakan kanal depth, kanal tersebut tidak digunakan sebagai masukan YOLOPv2 maupun sebagai sumber utama estimasi jarak pada penelitian ini. Pembatasan dilakukan agar penelitian tetap berfokus pada implementasi persepsi berbasis citra RGB serta menghindari penambahan proses akuisisi, sinkronisasi RGB-depth, alignment, dan pengolahan data kedalamana pada pipeline komputasi berbasis CPU.
2. Pengujian akhir dijalankan pada mini PC Intel NUC 11TNHI5-WH dengan Ubuntu 22.04 dan ROS 2 Humble; Jetson Orin Nano dibahas sebagai platform rancangan awal.
3. Obstacle pada pengujian Bab IV disederhanakan menjadi manusia saja.

4. Pengujian manusia dilakukan pada jarak referensi 1, 2, 3, 4, dan 5 m dengan 10 sampel per jarak pada masing-masing kondisi malam dan siang, sehingga diperoleh 100 sampel yang terdiri atas 50 sampel malam dan 50 sampel siang.
5. Estimasi jarak evaluasi menggunakan kalibrasi geometri bounding box citra berdasarkan rasio lebar citra terhadap lebar bounding box. Jarak referensi 1, 2, 3, 4, dan 5 m diperoleh dari pengukuran fisik, dan model kalibrasi yang sama digunakan pada kondisi malam dan siang.
6. Pengujian Lane Safety terdiri atas enam pasangan status: GREEN|GREEN, YELLOW|GREEN, RED|GREEN, GREEN|YELLOW, GREEN|RED, dan GRAY|GRAY; masing-masing 10 sampel.
7. Pengujian performa menggunakan tiga kondisi visual dan tidak dianggap sebagai sertifikasi keselamatan real-time.
8. Pengujian integrasi keluaran persepsi dibatasi pada verifikasi bahwa informasi obstacle dapat diteruskan menjadi marking pada representasi lingkungan kendaraan serta status Lane Safety dapat diperbarui mengikuti perubahan kondisi visual. Pengujian tidak mengevaluasi performa algoritma perencanaan lintasan, Navigation2, pengendali steering/kecepatan, respons aktuator, maupun keberhasilan kendaraan mencapai goal.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

BAB I PENDAHULUAN, berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika Tugas Akhir.

BAB II DASAR TEORI, membahas ADV, sistem persepsi visual, pengolahan citra, *You Only Look Once* (YOLO) dan YOLOPv2, platform komputasi, akuisisi citra RGB, semantic segmentation, estimasi jarak berbasis geometri bounding box, Lane Safety, ROS 2, serta parameter evaluasi yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN, menjelaskan rancangan sistem ADV dan subsistem persepsi, perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi YOLOPv2, pengolahan obstacle dan Lane Safety, integrasi ROS 2, serta metode pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL, menyajikan hasil validasi sistem, deteksi manusia dan estimasi jarak pada kondisi malam dan siang, pengujian Lane Safety, performa pemrosesan sistem persepsi, serta pengujian integrasi keluaran persepsi.

BAB V PENUTUP, memuat kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian dan saran untuk pengembangan sistem persepsi serta pengujian integrasi selanjutnya.