BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Teknologi kendaraan otonom saat ini telah berkembang menjadi salah satu inovasi yang bersifat revolusioner dalam bidang transportasi dan robotika. Pada awal kemunculannya, konsep kendaraan tanpa pengemudi ini hanya terbatas pada ranah penelitian akademik serta percobaan-percobaan teknologi berskala tinggi. Namun, seiring dengan pesatnya perkembangan di berbagai bidang pendukung, seperti kecerdasan buatan (*artificial intelligence*), komputasi berkinerja tinggi (*high-performance computing*), dan teknologi sensor yang semakin canggih dan presisi, kendaraan otonom kini telah mengalami transformasi signifikan dan mulai diimplementasikan dalam berbagai sektor industri. Hal ini menandai pergeseran paradigma dari konsep teoritis menjadi solusi praktis yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Teknologi kendaraan otonom, termasuk yang diterapkan pada mobile robot, kini banyak mengadopsi metode pemrosesan citra digital dengan memanfaatkan pustaka OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) sebagai salah satu pendekatan utama dalam meningkatkan efisiensi dan akurasi sistem navigasi. Melalui integrasi dengan kecerdasan buatan, sistem ini mampu melakukan berbagai fungsi krusial seperti mengidentifikasi jalur pergerakan, mendeteksi dan menghindari rintangan secara *real-time*, serta mengatur kecepatan gerak secara otomatis sesuai kondisi lingkungan sekitar. Dalam implementasinya, Raspberry Pi digunakan sebagai unit pengendali utama yang memiliki keunggulan dalam hal ukuran yang ringkas, konsumsi daya yang rendah, serta kemudahan integrasi dengan berbagai komponen perangkat keras dan lunak. Dengan perancangan sistem yang tepat, *mobile robot* berbasis Raspberry Pi ini dapat mengambil keputusan secara mandiri tanpa intervensi manusia, sehingga mendukung terwu-judnya perjalanan yang lebih aman, efisien, dan lancar [1].

Selain itu, penerapan teknologi ini turut berkontribusi dalam mendorong pengembangan robot yang tidak hanya cerdas secara fungsional, tetapi juga ramah terhadap lingkungan. Efisiensi dalam pemanfaatan energi, yang menjadi salah satu keunggulan utama sistem ini, memungkinkan pengurangan konsumsi daya secara signifikan tanpa mengorbankan kinerja operasional. Di samping itu, kemampuan sistem dalam meminimalkan kesalahan saat proses navigasi turut

mendukung peningkatan akurasi dan keandalan dalam menjalankan tugas-tugas otonom. Keunggulan-keunggulan tersebut menjadikan teknologi ini memiliki potensi yang luas untuk diterapkan dalam berbagai bidang aplikasi, seperti sistem logistik otomatis, eksplorasi wilayah yang sulit dijangkau, serta sektor industri lainnya yang membutuhkan solusi berbasis robotika cerdas dan efisien [1].

Raspberry Pi merupakan sebuah perangkat komputer mini yang memiliki karakteristik ringkas, terjangkau, dan fleksibel, sehingga menjadikannya sebagai salah satu pilihan populer dalam pengembangan berbagai aplikasi berbasis teknologi, termasuk sistem otonom pada kendaraan. Meskipun Raspberry Pi memiliki kemampuan komputasi yang tergolong sederhana jika dibandingkan dengan komputer industri atau perangkat komputasi kelas atas lainnya, namun perangkat ini tetap mampu menjalankan berbagai fungsi dan tugas penting yang dibutuhkan dalam sistem navigasi kendaraan otonom, seperti pemrosesan citra digital, pengambilan keputusan secara *real-time*, serta integrasi dengan berbagai sensor dan aktuator yang mendukung kinerja sistem secara keseluruhan[2].

Penelitian ini berfokus pada pemodelan *self driving* pada *mobile robot* menggunakan Raspberry Pi dan metode OpenCV dengan tujuan memberikan wawasan untuk pengembangan kendaraan otonom skala besar. Tantangan utama adalah mengintegrasikan perangkat keras, seperti kamera, dengan algoritma yang efektif memproses data visual di berbagai kondisi pencahayaan. OpenCV menyediakan solusi melalui konversi skala abu-abu, deteksi tepi Canny, dan *Hough Transform* , yang memungkinkan identifikasi jalur secara akurat untuk navigasi otonom meskipun dalam kondisi lingkungan yang kompleks [3].

Hough Transform digunakan untuk mengelompokkan titik-titik tepi menjadi garis lurus, sehingga efektif mendeteksi garis marka jalan yang melengkung atau terputus.Kombinasi teknik ini memungkinkan sistem secara akurat melacak jalur dalam berbagai kondisi jalan dan pencahayaan[4].

Penelitian ini menguji prototipe *mobile robot self-driving* pada lintasan khusus, mengintegrasikan deteksi jalur *real-time*, penghindaran rintangan, dan pergerakan kendaraan sesuai rencana.

Di sisi lain, *OpenCV* merupakan pustaka untuk pengolahan citra yang banyak digunakan karena kemampuannya dalam melakukan deteksi fitur, pengenalan objek, dan pelacakan gerakan [5].

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Tinjauan penelitian terdahulu adalah gambaran kondisi terkini terkait teknologi atau metode yang paling maju dalam sebuah bidang penelitian. Dalam konteks penelitian kendaraan otonom mini dengan Raspberry Pi, *state of the art* melibatkan kajian pustaka mengenai teknologi terbaru, pendekatan algoritmik, dan perkembangan perangkat keras maupun perangkat lunak yang relevan dengan kendaraan otonom.

IoT programming to Develop Self Driving Robotics Car using OpenCV and Other Emerging Technologies membahas tentang pengembangan mobil robot otonom yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan pembelajaran mesin untuk meningkatkan otomatisasi kendaraan. Dengan mengintegrasikan Raspberry Pi yang dilengkapi modul kamera, sistem ini dapat mengumpulkan data lingkungan secara *real-time*. Data tersebut kemudian diproses oleh unit komputer untuk menjalankan tugas seperti pelatihan jaringan saraf dan deteksi objek, sehingga mobil dapat bergerak dengan aman dan efisien dalam berbagai kondisi jalan[6].

Berikut ditampilkan pada Tabel dibawah ini:

Judul	Peneliti	Tahun
IoT programming to develop self-driving robotics car using OpenCV and other emerging technologies	Mohammed Maaz dan Sabah Mohammed	2023
Reinforcement learning for a Raspberry Pi: smart car for lane detection using OpenCV	Minh Nguyen dan Tauheed Khan Mohd	2023
Voice-controlled camera-assisted pick and place robot using Raspberry Pi	Muneera Alwegeh dan Amani AlGhraabeh	2022
A Raspberry Pi computer vision system for self-driving cars	Zach Isherwood dan Emanuele Lindo Secco	2022
A self-driving car platform using Raspberry Pi and Arduino	Stahlescu et al.	2022

Tabel 1.1 Daftar penelitian terkait *mobile self-driving*

Selain itu, artikel ini membahas secara mendalam berbagai tantangan yang dihadapi dalam pengembangan industri mobil otonom, antara lain kompleksitas interaksi sosial di jalan raya, pengaruh kondisi cuaca yang ekstrem, serta potensi ancaman terhadap keamanan siber. Di samping itu, urgensi penerapan regulasi yang berorientasi pada keselamatan turut menjadi fokus utama dalam pembahasan [6].

Makalah *Reinforcement Learning for a Raspberry Pi Smart Car for Lane Detection Using OpenCV* bertujuan untuk merepresentasikan prototipe mobil otonom dengan menggunakan Raspberry Pi sebagai chip pemrosesan. Modul Pi-camera menyediakan data yang diperlukan dari dunia nyata ke mobil, yang kemudian meneruskan data tersebut ke Raspberry Pi. Mobil ini dapat mengikuti jalur yang diberikan dengan aman dan cerdas, sehingga menghindari risiko kesalahan manusia dengan merespons kurva secara real-time [7].

Artikel berjudul *Voice Controlled Camera Assisted Pick and Place Robot Using Raspberry Pi* mengkaji perancangan dan pengembangan *robot pick-and-place* yang dikendalikan melalui perintah suara dengan memanfaatkan Raspberry Pi dan aplikasi Android. Robot ini dirancang untuk dapat mendeteksi serta memilih objek berdasarkan karakteristik tertentu, seperti warna, dengan dukungan kecerdasan buatan dan teknologi pemrosesan citra. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mencapai tingkat akurasi sekitar 95% dalam mendeteksi objek pada berbagai kondisi pencahayaan, termasuk di bawah paparan sinar matahari. Penelitian ini juga merumuskan rencana pengembangan lebih lanjut, antara lain peningkatan kemampuan navigasi seperti penghindaran rintangan, serta potensi penerapannya dalam bidang militer, medis, pendidikan, dan situasi yang sulit dijangkau oleh manusia [8].

Makalah *A Raspberry Pi Computer Vision System for Self-Driving Cars* memaparkan rancangan prototipe kendaraan *self-driving* yang mampu mendeteksi jalur yang sedang dilalui serta mempertahankan posisi kendaraan tetap berada di tengah jalur. Proses ini dilakukan tanpa memanfaatkan sensor khusus atau perangkat keras tambahan, melainkan hanya menggunakan kamera serta unit pemrosesan berbiaya rendah. Sistem yang diusulkan mengandalkan metode deteksi berbasis fitur buatan (*hand-crafted features*) untuk mengenali marka jalur melalui visi komputer. Berdasarkan garis marka yang terdeteksi, sistem menghitung lintasan menuju titik tengah jalur, lalu menentukan arah kemudi yang harus dipertahankan agar kendaraan dapat melakukan koreksi secara berkelanjutan. Seluruh proses ini dilakukan secara real-time dengan frekuensi pengambilan sampel sebesar 20 Hz. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas perhitungan yang dilakukan oleh sistem, judul penelitian ini disesuaikan untuk mencerminkan upaya dalam menghilangkan potensi anomali selama proses pengamatan [9].

Karena masih berada pada tahap prototipe, sistem ini memiliki keterbatasan dalam hal daya pemrosesan. Dalam penerapan nyata, dibutuhkan komponen dengan performa lebih tinggi yang didukung oleh anggaran yang lebih besar, sehingga memungkinkan peningkatan frame rate sistem secara keseluruhan. *Frame rate* yang lebih tinggi ini penting terutama untuk mendukung pengoperasian kendaraan pada kecepatan lebih tinggi, agar sistem tetap mampu melakukan perhitungan arah secara akurat dan responsif. Prototipe diuji dalam lingkungan perkotaan dengan kondisi marka jalan yang terdefinisi dengan baik serta permukaan jalan yang terang dan rata, sehingga mendukung kinerja sistem secara optimal.[9].

Kendaraan yang mampu beroperasi tanpa pengemudi telah lama menjadi bagian dari imajinasi dalam karya-karya fiksi ilmiah. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan pesat di bidang teknologi telah mendorong realisasi konsep ini menjadi kenyataan melalui pengembangan *mobile robot self-driving*. Robot ini dirancang untuk dapat menavigasi jalan dan mencapai tujuan tertentu tanpa intervensi manusia. Berbagai perusahaan teknologi dan pengembang perangkat lunak terkemuka telah menginvestasikan sumber daya yang signifikan dalam penelitian serta pengembangan sistem *self-driving* mereka masing-masing, dengan tujuan menciptakan kendaraan yang lebih aman, efisien, dan cerdas [10].

Penelitian ini dilatar belakangi oleh ketertarikan terhadap perkembangan teknologi *self-driving*. Makalah ini mengusulkan model kerja *mobile robot self-driving* yang menggunakan kombinasi perangkat keras seperti Raspberry Pi, serta sistem berbasis kamera. Tiga komponen utama yang memungkinkan kendaraan ini beroperasi meliputi deteksi jalur, deteksi rintangan, dan deteksi rambu lalu lintas. Kamera yang terpasang di bagian atas kendaraan menangkap gambar secara *real-time*, kemudian mengirimkan data ke Raspberry Pi untuk diproses dan dianalisis oleh masing-masing modul. Deteksi jalur memanfaatkan algoritma *Canny Edge Detection* dan *Hough Transform* untuk menentukan arah pergerakan kendaraan. Sementara itu, rambu lalu lintas dikenali menggunakan teknik berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) dan OpenCV, sedangkan deteksi rintangan dilakukan dengan metode *Haar Cascade* untuk mengidentifikasi objek seperti kendaraan lain dan pejalan kaki. Dengan mengintegrasikan ketiga modul ini, *mobile robot self-driving* dapat bergerak secara mandiri dengan tingkat akurasi yang tinggi, berkisar antara 95 hingga 97% [10].

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini:

1. Bagaimana rancang bangun pemodelan *mobile robot self-driving* menggunakan Raspberry Pi?
2. Bagaimana kinerja pemodelan *self-driving* pada *mobile robot* menggunakan Raspberry Pi berbagi OpenCV?

1.4 Tujuan

Dari latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan dari penelitan ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun model *mobile robot self-driving* yang menggunakan Raspberry Pi sebagai pusat kontrol dan OpenCV untuk pemrosesan citra.
2. Menguji dan mengevaluasi kinerja *mobile robot self-driving* dalam skenario uji coba dengan memanfaatkan algoritma deteksi gambar untuk pengambilan keputusan terkait pergerakan mobil.

1.5 Manfaat

Pada penelitian ini terdapat dua manfaat yang ingin di capai yaitu :

1. Manfaat Akademis

   Penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang akademik, terutama dalam pengembangan dan pemahaman teknologi mobil otonom dan pengolahan citra menggunakan OpenCV. Melalui penelitian ini, para peneliti dan mahasiswa dapat mempelajari lebih dalam mengenai penerapan Raspberry Pi sebagai perangkat keras yang terjangkau namun efektif untuk mendukung aplikasi sistem *self-driving*. Selain itu, studi ini juga memperkaya literatur di bidang pengenalan objek dan pengolahan gambar, dengan memberikan contoh praktis implementasi algoritma OpenCV dalam konteks kendaraan otonom. Penelitian ini berpotensi menjadi referensi bagi penelitian lanjutan dalam pengembangan *mobile robot self-driving* dan aplikasi teknologi serupa pada sistem robotika lainnya.
2. Manfaat Aplikatif

   Secara aplikatif, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan praktis

tentang pembuatan prototipe *mobile robot self-driving* yang menggunakan komponen teknologi yang murah dan mudah diakses, seperti Raspberry Pi dan OpenCV. Model ini bisa menjadi platform pembelajaran yang bermanfaat bagi para pengembang atau pelajar yang tertarik untuk mengimplementasikan teknologi *self-driving* dalam skala kecil. Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang pengembangan lebih lanjut untuk menciptakan solusi sistem transportasi otonom yang lebih efisien, berbiaya rendah, dan dapat diadaptasi untuk berbagai lingkungan, baik untuk penelitian, pendidikan, maupun penggunaan dalam industri robotika. Implementasi teknologi seperti ini juga dapat diadaptasi untuk aplikasi-aplikasi lain, misalnya dalam sektor otomotif atau kendaraan otomatis untuk area yang terbatas seperti gudang atau pabrik.

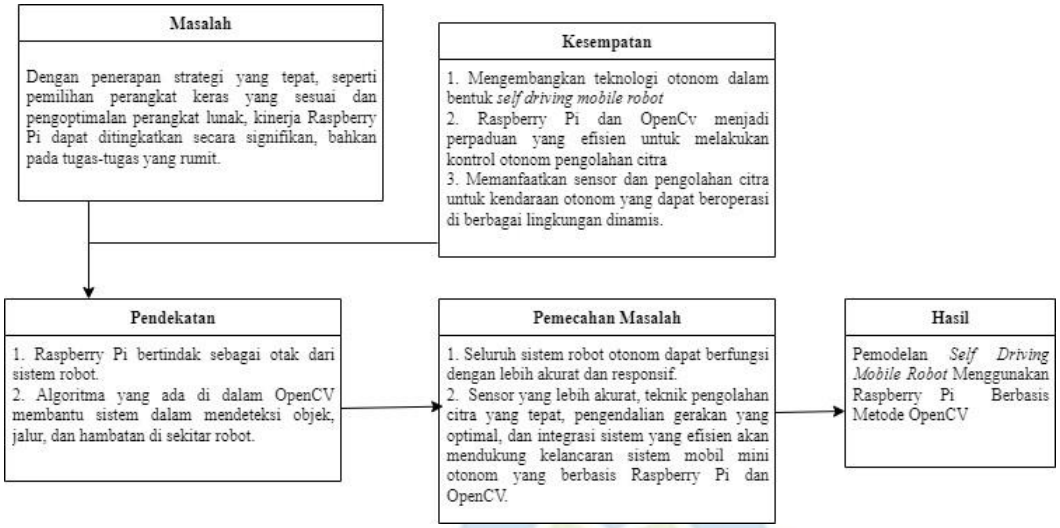
1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini, yaitu :

1. Robot yang dirancang berukuran panjang 17cm, tinggi 13.5cm, dan lebar 8cm, karena dirancang untuk simulasi.
2. Penggunaan Raspberry Pi 3B dalam pengendalian sistem *mobile robot self driving* dengan kemampuan komputasi terbatas dibandingkan perangkat keras lainnya.

1.7 Kerangka Berpikir

Proses pengoperasian dimulai dengan pengumpulan data secara *real-time* dari berbagai sensor yang terpasang pada *mobile robot*, yang kemudian dianalisis untuk mendukung sistem navigasi. Tantangan utama dalam tahap ini adalah memastikan bahwa data yang diperoleh memiliki tingkat akurasi dan kestabilan yang tinggi serta dapat diintegrasikan secara efektif. Data yang dikumpulkan selanjutnya diproses menggunakan algoritma tertentu untuk mengendalikan berbagai aspek pergerakan *mobile robot*, seperti manuver mengemudi, berbelok, dan penghindaran rintangan. Raspberry Pi berperan sebagai unit pengendali utama, sedangkan OpenCV digunakan untuk memproses data visual yang diperoleh dari kamera. Hasil akhir dari sistem ini adalah prototipe kendaraan mini yang mampu bergerak secara otonom Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka Berpikir Penelitian.

1.8 Sistematika Penulisan

Proposal penelitian ini terdiri dari tiga bab utama yang masing-masing menguraikan dan menjelaskan aspek-aspek penting terkait permasalahan yang dikaji. Adapun sistematika penulisan proposal ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan landasan pemikiran yang melatarbelakangi dilaksanakannya penelitian mengenai Pemodelan *Self-Driving* pada *Mobile Robot* menggunakan Raspberry Pi berbasis metode OpenCV. Penjabaran dalam bab ini mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian. Penjelasan tersebut disusun untuk memberikan gambaran umum serta dasar yang kuat bagi pelaksanaan penelitian, sehingga diharapkan dapat menghasilkan luaran yang baik dan berkualitas.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori dasar yang relevan dan mendukung pelaksanaan penelitian. Penguasaan terhadap teori-teori tersebut menjadi penting sebagai landasan konseptual dalam melakukan Pemodelan *Self-Driving* pada *Mobile Robot* menggunakan Raspberry Pi berbasis metode OpenCV. Isi bab ini mencakup kajian literatur, penelitian terdahulu, serta konsep teknis yang berkaitan dengan topik penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian secara sistematis

dan terstruktur. Pembahasan mencakup diagram alir penelitian, tahapan pelaksanaan, serta pendekatan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada. Seluruh langkah dijelaskan secara rinci guna memastikan bahwa penelitian pada Pemodelan *Self-Driving* pada *Mobile Robot* menggunakan Raspberry Pi berbasis metode OpenCV dapat diimplementasikan secara efektif dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan tujuan.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menguraikan secara sistematis tahapan perancangan sistem kendali *mobile robot self-driving*, mencakup pemodelan perangkat keras dan perangkat lunak. Selain itu, dijelaskan proses implementasi pada komponen utama seperti Raspberry Pi, modul kamera, serta integrasi dengan metode pengolahan citra menggunakan OpenCV.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan proses pengujian fungsional terhadap sistem yang telah dirancang, dengan fokus pada kinerja deteksi jalur dan respons aktuator berdasarkan hasil pemrosesan citra. Pengujian dilakukan berdasarkan konfigurasi perangkat keras dan algoritma yang diterapkan, kemudian hasilnya dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas dan keandalan sistem.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan simpulan dari hasil penelitian mengenai implementasi sistem *self-driving* berbasis Raspberry Pi dan OpenCV, serta memberikan saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik dari sisi perangkat keras, optimasi algoritma, maupun potensi penerapan pada skala yang lebih kompleks.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG