

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Upaya pemerintah dalam meningkatkan ketahanan pangan di Indonesia dilakukan melalui penerapan teknologi pertanian yang tepat guna. *Greenhouse* adalah bangunan dengan struktur khusus yang dirancang untuk melindungi tanaman serta mengendalikan kondisi lingkungan agar sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman (Ristian *et al.*, 2023). Penggunaan *greenhouse* memungkinkan pengendalian kondisi budidaya secara optimal sehingga mampu meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil pertanian pada lahan terbatas. Seiring dengan perkembangan teknologi, konsep *greenhouse* terus mengalami inovasi menuju sistem yang lebih modern, yaitu *smart greenhouse*. *Smart greenhouse* mengacu pada penerapan teknologi canggih dalam pertanian untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan (Alhari Muhammad Ilham *et al.*, 2024). Penerapan konsep *smart greenhouse* tidak hanya berfokus pada sistem monitoring, tetapi juga mencakup sistem otomatisasi dalam menjalankan berbagai aktivitas operasional. Sistem otomatisasi tersebut memerlukan teknologi yang mampu bekerja secara mandiri terhadap kondisi lingkungan. Lingkungan *greenhouse* memiliki karakteristik ruang yang terbatas serta jalur di antara barisan tanaman. Kondisi ini diperkuat oleh penelitian (Rosero-Montalvo, Gordillo-Gordillo and Hernandez, 2023) yang menunjukkan bahwa penataan tanaman dalam *greenhouse* umumnya berbentuk barisan (*crop lines*) dengan permukaan tanah yang tidak rata. Karakteristik tersebut menimbulkan tantangan tersendiri bagi pergerakan otomatis, sehingga diperlukan sistem navigasi yang mampu menyesuaikan dengan kondisi lingkungan *greenhouse* yang sempit dan tidak rata.

Mobile robot adalah robot yang dirancang untuk melakukan pergerakan dari satu tempat ke tempat lain dalam menjalankan tugasnya. Pergerakan tersebut umumnya didukung oleh aktuator berupa roda yang memungkinkan robot bergerak secara keseluruhan sesuai dengan perintah dari sistem pengendali (Winardi *et al.*, 2020). *Mobile robot* banyak digunakan sebagai bagian dari sistem otomatisasi untuk membantu berbagai aktivitas operasional secara mandiri. Namun,

kemampuan *mobile robot* dalam menjalankan tugasnya sangat bergantung pada sistem navigasi yang digunakan untuk menentukan arah, posisi, dan jalur pergerakan. Pada lingkungan *greenhouse* yang memiliki keterbatasan ruang dan jalur yang tidak rata, sistem navigasi harus mampu bekerja secara akurat dan stabil agar robot dapat bergerak secara efektif tanpa mengganggu tanaman maupun struktur di sekitarnya.

Line follower, yang juga dikenal sebagai pengikut jalur, adalah sistem navigasi pada robotika yang dirancang untuk dapat beroperasi secara otomatis dengan mengikuti pola jalur spesifik yang biasanya ditandai oleh garis (Nina, Firgiawan and Sulfayanti, 2025). Dalam implementasinya, terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, diantaranya menggunakan sensor inframerah (IR) dan kamera. Penggunaan sensor IR umumnya memanfaatkan perbedaan pantulan cahaya untuk mendeteksi garis, namun metode ini memiliki keterbatasan karena sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya lingkungan. Hal ini menjadi tantangan terutama pada lingkungan *greenhouse* yang bersifat tembus cahaya sehingga kondisi pencahayaan dapat berubah-ubah sepanjang waktu. Penelitian oleh (Saputra and Setiawan, 2023) menunjukkan bahwa metode berbasis pengolahan citra, seperti penggunaan kamera dengan model warna HSV, memiliki keunggulan dalam hal kestabilan terhadap variasi pencahayaan. Oleh karena itu, penggunaan kamera dengan metode HSV dalam penelitian ini dinilai lebih tepat untuk meningkatkan keakuratan dan kestabilan sistem navigasi robot.

Pada penelitian ini, sistem navigasi diimplementasikan menggunakan kamera Raspberry Pi sebagai sensor *visual* dengan Raspberry Pi sebagai pusat pemrosesan citra, kemudian nilai *error* hasil pengolahan citra dikirimkan melalui komunikasi *serial* ke ESP32 untuk diproses menggunakan kontrol PID, yang selanjutnya menghasilkan sinyal PWM untuk mengendalikan *driver* motor BTS7960 dalam menggerakkan motor DC. Jika sistem navigasi berbasis pengolahan citra dengan metode HSV diterapkan pada *mobile robot* di dalam *greenhouse*, diduga robot akan mampu mengikuti jalur secara otomatis dengan stabil dan akurat, meskipun berada di tanah tidak rata dan lingkungan terbatas yang dipenuhi tanaman, karena sistem kontrol PID dapat memperbaiki deviasi arah secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Pergerakan *mobile robot* di dalam *greenhouse* menghadapi tantangan karena ruang yang terbatas serta adanya barisan tanaman yang membentuk jalur sempit. Kondisi tersebut menuntut sistem navigasi yang mampu mendeteksi jalur secara akurat dan menjaga kestabilan arah pergerakan robot selama beroperasi.

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem navigasi otomatis berbasis pengolahan citra pada *mobile robot*, guna mengatasi tantangan pergerakan di dalam *greenhouse* yang sempit dan terbatas.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk mendukung otomatisasi pertanian dalam ruang terbatas seperti *greenhouse*, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem navigasi robot berbasis pengolahan citra dan kontrol PID yang efisien.

1.5 Batasan Masalah

1. Sistem navigasi robot hanya difokuskan pada kemampuan mengikuti jalur yang telah ditentukan (*line following*) di dalam *greenhouse*.
2. Jalur navigasi dibuat menggunakan pita berwarna tertentu yang dapat dideteksi oleh kamera melalui metode segmentasi warna HSV.
3. Proses pengolahan citra dilakukan menggunakan kamera RGB.
4. Robot tidak melakukan pemetaan lingkungan (*mapping*), melainkan hanya mengikuti jalur yang telah ditentukan.
5. Sistem kendali yang digunakan hanya algoritma PID.
6. Sistem hanya menguji kemampuan robot mengikuti jalur, tidak membahas optimasi konsumsi energi atau efisiensi daya robot.
7. Implementasi sistem navigasi otomatis pada penelitian ini hanya dilakukan di lingkungan *greenhouse* Politeknik Negeri Jember dengan menggunakan pita berwarna kuning sebagai jalur navigasi robot, karena warna kuning memiliki tingkat kontras yang cukup tinggi terhadap permukaan lintasan sehingga lebih mudah dideteksi menggunakan metode segmentasi warna HSV.