

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional yang terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Namun demikian, ketersediaan lahan pertanian produktif mengalami penurunan akibat meningkatnya alih fungsi lahan. Wibisono dan Widowaty (2023) melaporkan bahwa alih fungsi lahan pertanian di Daerah Istimewa Yogyakarta terus meningkat setiap tahunnya, yang dipengaruhi oleh faktor ekonomi serta pertumbuhan penduduk yang pesat. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, pemerintah mendorong penerapan teknologi pertanian tepat guna untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian pada lahan terbatas (Ristian *et al.*, 2023). Seiring perkembangan teknologi, salah satu metode pertanian modern yang banyak dikembangkan adalah penerapan *greenhouse* sebagai solusi pengelolaan lingkungan tanam yang lebih terkontrol.

Greenhouse merupakan suatu bangunan yang dirancang dengan struktur dinding dan atap yang bersifat tembus cahaya, tujuannya untuk memanipulasi dan mengendalikan kondisi lingkungan mikro agar tanaman dapat tumbuh secara optimal (Utomo and Azizah, 2024). Dalam implementasinya, struktur *greenhouse* umumnya memiliki karakteristik lintasan (*trajectory*) yang sempit dengan berbagai variasi permukaan lantai, seperti tanah, kerikil, maupun paving. Kondisi ini tidak hanya menyulitkan proses pemantauan dan perawatan tanaman secara manual, tetapi juga menjadi tantangan dalam penerapan sistem otomatisasi pertanian (Cheng *et al.*, 2024). Keterbatasan ruang gerak, keberadaan hambatan fisik, serta ketidakteraturan permukaan lantai berpotensi mengganggu kinerja sistem navigasi *mobile robot*, khususnya dalam mempertahankan akurasi posisi dan arah gerak. Akumulasi galat (*error accumulation*) akibat slip roda, getaran mekanis, maupun kehilangan referensi orientasi merupakan tantangan yang perlu diatasi dalam pengembangan sistem navigasi yang andal di lingkungan *greenhouse*.

Mobile robot merupakan sistem bergerak yang dirancang untuk melaksanakan berbagai tugas secara otomatis melalui integrasi sensor, aktuator, dan unit kontrol. Dalam konteks pertanian presisi, *mobile robot* dirancang untuk

mendukung berbagai aktivitas seperti pemantauan kondisi tanaman, penyemprotan pestisida, pengukuran parameter lingkungan, serta akuisisi data secara *real-time*. Penerapan *mobile robot* dalam lingkungan *greenhouse* memberikan keuntungan signifikan, seperti peningkatan efisiensi operasional, konsistensi proses kerja, serta pengurangan risiko paparan bahan kimia berbahaya terhadap petani. Namun demikian, sistem navigasi yang andal menjadi kebutuhan utama agar robot dapat beroperasi secara akurat pada lingkungan yang sempit dan kompleks.

Odometri merupakan metode untuk memperkirakan posisi dan arah pergerakan robot berdasarkan analisis data dari sensor internal, seperti *encoder* yang terpasang pada roda atau aktuator (Fachrizi *et al.*, 2024). Namun, metode odometri memiliki keterbatasan berupa akumulasi galat yang disebabkan oleh slip roda dan getaran selama pergerakan. Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, pada penelitian ini sistem odometri dikembangkan dengan mengkombinasikan sensor GY-25 (MPU6050) dan *rotary encoder* eksternal (Autonics E40S6-360-3-T-24). Sensor GY-25 digunakan untuk memperoleh informasi orientasi robot (*yaw*), sedangkan *rotary encoder* digunakan untuk mengukur jarak tempuh robot. Pemisahan fungsi ini bertujuan meningkatkan akurasi estimasi posisi, sehingga arah pergerakan tidak bergantung pada rotasi roda.

Penggunaan *rotary encoder* yang terpasang langsung pada motor penggerak dihindari karena berpotensi menghasilkan pembacaan jarak yang tidak akurat akibat slip roda, yaitu kondisi di mana motor dapat berputar tanpa menghasilkan perpindahan posisi robot secara aktual. Oleh karena itu, digunakan *rotary encoder* eksternal Autonics E40S6-360-3-T-24 yang dilengkapi mekanisme pegas untuk menjaga kontak antara roda *encoder* dengan permukaan lintasan, sehingga meminimalkan kesalahan pengukuran akibat slip. Kontrol PID (*Proportional-Integral-Derivative*) diterapkan untuk menstabilkan pergerakan robot dengan mengoreksi kesalahan orientasi (*heading error*) serta penyimpangan posisi terhadap lintasan (*lateral error*). Dengan pendekatan ini, robot tidak hanya mampu mempertahankan arah gerak, tetapi juga mengikuti lintasan yang telah ditentukan secara lebih akurat. Dengan demikian, penerapan sistem navigasi otomatis berbasis odometri menggunakan sensor GY-25 dan *rotary encoder* eksternal (Autonics

E40S6-360-3-T-24) diduga mampu meningkatkan akurasi posisi dan pergerakan robot pada lingkungan *greenhouse*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan dalam latar belakang, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut: Lintasan (*trajectory*) *greenhouse* yang sempit dengan berbagai variasi permukaan lantai seperti tanah, kerikil, atau paving yang berpotensi mengganggu sistem navigasi *mobile robot*.

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, adapun tujuan dari penelitian ini adalah: Mengembangkan sistem navigasi otomatis menggunakan metode odometri yang mampu mempertahankan akurasi posisi dan arah gerak pada *smart-GH mobile robot*.

1.4. Manfaat

Penelitian “**Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis pada *Smart-GH Mobile Robot* Menggunakan Metode Odometri**” ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam pengembangan teknologi pertanian cerdas, khususnya dalam meningkatkan efisiensi sistem *monitoring* dan kontrol otomatis di lingkungan *greenhouse*. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah bagi pengembangan sistem navigasi *mobile robot* di area sempit dengan permukaan lantai yang bervariasi, serta memberikan kontribusi praktis dalam upaya penerapan pertanian presisi di lahan terbatas.

1.5. Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka terdapat batasan masalah yang harus diketahui yaitu:

1. Sistem navigasi yang dikembangkan hanya menggunakan metode odometri yang berbasis data dari *rotary encoder* tunggal Autonics E40S6-360-3-T-24 dan GY-25.
2. Kontrol PID digunakan untuk mengendalikan deviasi sudut dan lateral *mobile robot* berdasarkan referensi *error* dari *rotary encoder* dan GY-25.
3. Pengujian penelitian ini hanya berfokus pada analisis akurasi sistem navigasi otomatis menggunakan metode odometri, tanpa

mempertimbangkan aspek lain seperti konsumsi daya atau kecepatan operasional robot.

4. Pergerakan robot hanya mencangkup arah maju dan belok kanan atau kiri. Studi ini tidak mencakup aspek lain seperti menghindari hambatan di dalam *greenhouse* atau optimasi jalur navigasi.
5. Pengujian dilakukan hanya di lingkungan *Greenhouse* Politeknik Negeri Jember dengan mempertimbangkan kondisi ruang yang terbatas dan variasi permukaan lantai *greenhouse*.