

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian memiliki peran strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional serta mendukung pertumbuhan ekonomi, khususnya pada komoditas hortikultura bernilai tinggi seperti melon. Budidaya melon dalam sistem *greenhouse* menjadi salah satu pendekatan yang banyak diterapkan karena mampu mengendalikan faktor lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya sehingga produktivitas tanaman dapat ditingkatkan secara signifikan (Ristian dkk., 2022). Namun dalam praktiknya, operasional *greenhouse* masih sangat bergantung pada tenaga kerja manual, terutama pada kegiatan pemantauan kondisi lingkungan dan penyemprotan pestisida. Penyemprotan pestisida secara manual memiliki beberapa kelemahan, antara lain membutuhkan waktu yang relatif lama, distribusi cairan yang kurang merata, serta risiko gangguan kesehatan akibat paparan bahan kimia dalam jangka panjang. Paparan tersebut berpotensi menimbulkan gangguan pada sistem saraf, fungsi hati dan ginjal, sistem kardiovaskular, serta keseimbangan hormon (Hidayat dkk., 2023).

Kondisi jalur di dalam *greenhouse* umumnya sempit dan berada di antara barisan tanaman dengan jarak tanam terbatas, sehingga mobilitas operator maupun peralatan konvensional menjadi kurang efisien. Permasalahan tersebut mendorong kebutuhan akan sistem otomasi yang mampu bekerja secara presisi, fleksibel, dan aman bagi operator. Penerapan *mobile robot* dalam lingkungan *greenhouse* merupakan salah satu solusi potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut. Namun demikian, implementasi robot di lingkungan *greenhouse* menghadapi tantangan tersendiri, terutama pada aspek desain mekanik dan konfigurasi sistem penggerak. Robot harus memiliki dimensi yang kompatibel dengan jalur sempit, mampu bergerak stabil pada permukaan yang tidak selalu rata, serta mampu mempertahankan kinerja operasional saat membawa beban berupa tangki pestisida.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan robot untuk aplikasi *greenhouse*, baik berbasis *line follower*, *tricycle drive*, maupun sistem pemantauan statis berbasis IoT. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara spesifik

membahas optimalisasi desain mekanik dan konfigurasi sistem penggerak yang mempertimbangkan distribusi beban, stabilitas saat membawa tangki cairan, serta kompatibilitas terhadap ruang gerak *greenhouse* yang sempit. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada rancang bangun *smart mobile robot* untuk optimalisasi budidaya tanaman melon pada *greenhouse*, dengan penekanan pada desain mekanik, integrasi sistem elektronik, serta evaluasi kinerja struktur dan sistem penggerak dalam mendukung operasional penyemprotan dan pemantauan lingkungan secara efisien. Dalam penelitian ini, robot dirancang dengan dimensi 450 mm × 600 mm menggunakan konfigurasi empat roda, yaitu dua roda depan tipe *omni wheel* untuk mendukung fleksibilitas manuver di ruang sempit, serta dua roda belakang tipe konvensional sebagai penggerak utama untuk meningkatkan kestabilan saat membawa beban operasional.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang struktur mekanik *smart mobile robot* yang memiliki kekuatan dan kestabilan yang memadai untuk beroperasi di lingkungan *greenhouse* dengan membawa beban operasional?
2. Bagaimana pengaruh variasi beban operasional terhadap performa kecepatan linear *smart mobile robot* dengan konfigurasi penggerak *differential drive* pada lintasan lurus di dalam *greenhouse*?
3. Bagaimana efektivitas sistem penyemprotan pada *smart mobile robot* ditinjau dari debit aliran pompa, jangkauan semprot vertikal dan horizontal, serta kapasitas lapang dalam mendukung distribusi pestisida pada tanaman melon dengan sistem *vertical training* di dalam *greenhouse*?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang, membangun, dan menganalisis kinerja *smart mobile robot* untuk optimalisasi budidaya tanaman melon pada

*greenhouse*, yang difokuskan pada aspek mekanik, performa gerak, dan sistem penyemprotan. Secara rinci, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan menganalisis kekuatan struktur mekanik *smart mobile robot* berbahan aluminium *hollow* berdasarkan hasil simulasi metode elemen hingga, meliputi distribusi tegangan *Von Mises*, deformasi maksimum, dan faktor keamanan.
2. Menganalisis performa kecepatan robot terhadap variasi beban operasional untuk mengetahui kestabilan sistem penggerak.
3. Mengevaluasi efektivitas sistem penyemprotan berdasarkan debit aliran, jangkauan semprot, dan kapasitas lapang dalam mendukung distribusi pestisida pada tanaman melon di *greenhouse*.

#### **1.4. Manfaat**

Penelitian rancang bangun *smart mobile robot* untuk optimalisasi budidaya tanaman melon pada *greenhouse* diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan pengalaman langsung dalam merancang sistem robotika terpadu, mulai dari pemodelan dan simulasi desain mekanik menggunakan Autodesk Inventor, pemilihan aktuator dan material rangka, hingga evaluasi kinerja sistem penggerak dan sistem penyemprotan secara kuantitatif. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi pengembangan *mobile robot* pertanian yang lebih adaptif di masa mendatang.

2. Bagi Mahasiswa

Penelitian ini memberikan pemahaman praktis mengenai integrasi desain mekanik, sistem elektronik, dan analisis kinerja dalam pengembangan robot pertanian melalui proyek nyata. Proses perancangan hingga pengujian yang dilakukan secara sistematis melatih kemampuan berpikir teknis serta penyelesaian masalah secara multidisiplin.

### 3. Bagi Petani

Penelitian ini menghasilkan prototipe *smart mobile robot* yang mampu melakukan penyemprotan pestisida secara otomatis dan pemantauan kondisi lingkungan *greenhouse* secara *real-time*, sehingga dapat mengurangi risiko paparan bahan kimia pada operator sekaligus meningkatkan efisiensi dan pemerataan distribusi pestisida dalam proses budidaya tanaman melon.

#### 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya diterapkan pada budidaya tanaman melon di dalam *greenhouse* dan tidak mencakup jenis tanaman lainnya.
2. Penelitian difokuskan pada rancang bangun perangkat keras (*hardware*) yang meliputi desain mekanik berbahan aluminium *hollow*, sistem elektronik pendukung, dan pemilihan komponen, tanpa pengembangan sistem kecerdasan buatan yang kompleks.
3. Evaluasi kinerja robot mencakup tiga aspek utama, yaitu analisis kekuatan rangka melalui simulasi *Stress Analysis* pada Autodesk Inventor, analisis performa kecepatan linear terhadap 11 variasi beban operasional pada lintasan lurus sepanjang 5 meter, serta evaluasi efektivitas sistem penyemprotan berdasarkan debit aliran, jangkauan semprot, dan kapasitas lapang.
4. Pengujian dilakukan dalam skala prototipe pada kondisi terkendali di lingkungan *greenhouse* Politeknik Negeri Jember, bukan pada *greenhouse* komersial dengan kondisi operasional yang lebih kompleks.