

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertanian presisi adalah sebuah mekanisme yang memanfaatkan teknologi untuk memberikan perlakuan yang tepat melalui proses pemantauan (*monitoring*). *Monitoring* dilakukan untuk mengumpulkan data dan informasi pada kondisi tertentu, dengan tujuan mengurangi risiko gagal panen serta meningkatkan produktivitas tanaman. Kemajuan dalam sistem kontrol dan sensor turut mendorong perkembangan sistem *monitoring*. Penggunaan sensor pengukur ketinggian secara otomatis memungkinkan pengambilan data ketinggian tanaman secara *real-time* dalam waktu yang lebih singkat (Saydi, 2021).

Pengukuran tinggi tanaman merupakan parameter penting dalam pertanian presisi karena menyediakan informasi langsung terkait kondisi pertumbuhan tanaman. Dalam pendekatan ini, pengukuran tinggi tanaman berperan penting dalam mengevaluasi perkembangan tanaman (Iskandar, 2024). Tinggi tanaman merupakan parameter penting dalam memantau pertumbuhan tanaman secara keseluruhan dan memprediksi hasil panen dalam praktik pertanian presisi. Selain itu, tinggi tanaman juga merupakan karakter fenotip yang signifikan, dipengaruhi oleh mekanisme genetik yang kompleks, dan dapat digunakan sebagai indikator pertumbuhan. Pengukuran tinggi tanaman secara tradisional dilakukan langsung di lapangan menggunakan metode manual yang cenderung memakan waktu, melelahkan, berpotensi merusak tanaman, dan rentan terhadap kesalahan akibat pengambilan sampel acak serta faktor manusia.

Banyak penelitian juga telah berupaya mengembangkan alat dan teknologi untuk mengotomatiskan beberapa tugas manual ini. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi fenotip lapangan seperti sensor, kamera RGB berperforma tinggi, dan LIDAR semakin populer karena mampu mengidentifikasi berbagai sifat tanaman dengan cara yang cepat, presisi, tidak merusak, dan

berkapasitas tinggi (Gao *et al.*, 2022). Pengamatan fenotip menggunakan sensor memungkinkan pemantauan langsung terhadap karakteristik fenotip, seperti tinggi tanaman, ukuran buah, dan kualitas produk. Informasi ini sangat penting untuk menilai dan memilih individu tanaman terbaik dalam proses pemuliaan lebih lanjut (Efendi *et al.*, 2023).

Pembudidayaan pakcoy, keseragaman tinggi dan hasil tanaman menjadi indikator penting untuk menentukan kesiapan panen. Berdasarkan penelitian sebelumnya, parameter ini dapat membantu petani menetapkan waktu panen yang optimal guna memperoleh hasil terbaik, baik dari segi kualitas maupun kuantitas. Dengan penerapan teknologi pengukuran tinggi secara *real-time*, proses panen dapat dilakukan lebih efisien, sekaligus mengurangi potensi kerugian akibat panen yang tidak tepat waktu (Haryanto *et al.*, 2018).

Sensor ultrasonik pertama kali dimanfaatkan untuk mengukur tinggi dan volume tajuk pohon pada akhir 1980-an. Teknologi ini banyak digunakan dalam fenotip lapangan karena relatif terjangkau dan mudah dioperasikan. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti menurunnya akurasi saat sensor menjauh dari objek akibat bidang pandang yang lebih luas, sensitivitas sensor terhadap perubahan suhu karena kecepatan suara dipengaruhi oleh suhu, serta tantangan dalam interpretasi data akibat variasi kondisi pengukuran dan karakteristik transduser. Beberapa penelitian telah mengembangkan metode berbasis kamera RGB yang dipasang pada UAV dengan sayap tetap maupun rotor. Sebagai alternatif, citra UAV dapat digunakan untuk membangun model lapangan 3D melalui teknik *structure-from-motion* dan stereo multi-tampilan guna memperkirakan tinggi tanaman. Tinggi tanaman juga dapat dipantau oleh platform penginderaan jarak jauh UAV yang dilengkapi kamera RGB selama seluruh periode pertumbuhan. Pada tahap pertumbuhan, pendekatan estimasi tinggi ini mampu menghasilkan nilai R<sup>2</sup>

sebesar 0,95, RMSE rata-rata 3,63 cm, dan MAPE rata-rata 1,88%. Meskipun demikian, penggunaan citra penginderaan jauh optik untuk memprediksi tinggi tanaman memiliki keterbatasan signifikan karena hanya mampu memberikan informasi dua dimensi, sehingga data terkait struktur vertikal, seperti tinggi tanaman, tidak dapat diperoleh secara langsung. (Gao *et al.*, 2022). Zheng *et al.* (2013) melakukan penelitian pertanian presisi yaitu mengukur ketinggian tanaman dengan menggunakan sensor ToF laser SICK LMS 511 Lite dengan nilai error yang dapat diterima yaitu sebesar 2,1% pada bagian kiri tanaman, 7,0% pada bagian tengah tanaman, dan 8,5% pada bagian kanan tanaman. Hasil ini didapatkan dari perbandingan pengukuran menggunakan sensor dan pengukuran Secara manual.

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan menggunakan sensor laser ToF tipe VL53L1X. Sensor ini berfungsi dengan menghitung waktu yang dibutuhkan laser untuk bergerak dari pemancar hingga kembali ke penerima. Kemampuannya dalam mengukur jarak dengan tingkat akurasi tinggi menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi pertanian presisi, seperti pengukuran ketinggian tanaman. Dengan desain yang ringkas, sensor ini mudah diintegrasikan ke dalam sistem pemantauan otomatis maupun perangkat portabel, memungkinkan pengukuran tinggi tanaman secara *real-time* dengan efisiensi tinggi (Komarizadehasl *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengukuran tinggi tanaman menggunakan sensor ToF laser VL53L1X sebagai salah satu elemen dalam pendekatan pertanian presisi. Dengan menghasilkan data yang akurat dan *real-time*, sistem ini diharapkan dapat membantu petani menentukan waktu panen yang tepat untuk tanaman seperti pakcoy.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan utama untuk:

1. Mengembangkan prototipe sistem monitoring tinggi tanaman pakcoy secara real-time berbasis sensor VL53L1X ToF Laser Range Finder
2. Melakukan pengujian sistem monitoring menggunakan sensor VL53L1X ToF *Laser Range Finder* dalam pengukuran tinggi tanaman secara *real-time*.

## 1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memungkinkan penghitungan tinggi tanaman Secara otomatis , sehingga dapat membantu petani dalam menentukan waktu panen yang optimal untuk memperoleh hasil terbaik. Selain itu, penelitian ini juga berfungsi untuk menguji performa sensor VL53L1X ToF *Laser Range Finder* dalam membaca data ketinggian tanaman secara *real-time*.

