

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor fundamental dalam sistem perekonomian dan kebutuhan pangan global. Sebagai penyedia utama dari kebutuhan pangan, sektor ini berperan dalam memastikan ketersediaan sumber daya pangan yang berkelanjutan bagi populasi yang terus bertambah [1]. Peningkatan jumlah populasi ini memberikan efek sebab akibat yang menuntut peningkatan pada titik sektor ini baik dari tingkat produktifitas, optimalisasi sistem, efisiensi energi dan sumber daya serta inovasi dan metode baru untuk memenuhi kebutuhan. Dalam upaya memenuhi permintaan yang terus meningkat, ekspansi lahan pertanian menjadi salah satu strategi yang banyak diterapkan di berbagai negara. Berdasarkan laporan luas lahan panen tanaman sayuran periode tahun 2019 sampai dengan 2023 yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Hortikultura Kementerian Pertanian, ekspansi lahan pertanian sayur meningkat setiap tahunnya. Sebagai sampel, pada komoditas cabai rawit sendiri kebutuhan lahan panen sebesar 133.400 Ha pada tahun 2019, dengan peningkatan sebesar 181.000 Ha pada tahun 2020, sebesar 142.200 pada tahun 2021, sebesar 145.200 pada tahun 2022 hingga pada tahun 2023 kebutuhan lahan panen cabai rawit mencapai 193.400 Ha [2]. Namun disisi lain, sektor pertanian masih menghadapi tantang yang kompleks seperti degradasi lahan, keterbatasan sumber daya air, volatilitas harga komoditas, dan halangan biotik yang secara garis besar dibagi menjadi tiga antara lain Kerugian pasca panen, Serangga hama dan Pantogen, serta gulma. Dilansir dari *Bulletin of Biological and Allied Sciences Research* (BBASR), keberadaan gulma di bidang pertanian menjadi penyebab kerugian agrikultural terbesar kedua sebanyak 23% setelah serangga hama sebesar 26% [3].

Secara umum, gulma merupakan tanaman yang tumbuh secara liar dan berkompetisi dengan tanaman utama dalam memperoleh sumber daya esensial seperti nutrisi, air, dan cahaya matahari [4]. Keberadaan gulma yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan hasil panen secara signifikan serta

meningkatkan biaya produksi akibat kebutuhan akan metode pengendalian yang terus-menerus [5]. Salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam pengelolaan gulma adalah penyemprotan herbisida secara manual. Namun, metode ini memiliki sejumlah keterbatasan, termasuk ketergantungan pada tenaga kerja yang tinggi, distribusi herbisida yang tidak efisien, serta risiko pencemaran lingkungan akibat aplikasi yang tidak tepat sasaran [6].

Penggunaan herbisida dalam skala luas telah menimbulkan konsekuensi ekologis dan agronomis yang kompleks. Meskipun herbisida berkontribusi pada peningkatan efisiensi produksi pertanian melalui eliminasi kompetisi gulma serta menjadi salah satu solusi yang efektif dan hemat biaya, studi menunjukkan bahwa penggunaannya yang tidak terkendali dapat menyebabkan degradasi tanah, kontaminasi sumber daya air, serta mendorong resistensi gulma terhadap bahan kimia [7]. Selain itu, residu herbisida yang tertinggal dalam hasil pertanian berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan gulma yang lebih akurat dan selektif guna memitigasi dampak negatif dari penggunaan herbisida konvensional.

Penyemprotan herbisida secara selektif merupakan pendekatan strategis dalam pengendalian gulma yang bertujuan untuk mengurangi volume aplikasi herbisida dengan hanya menyasar area yang teridentifikasi mengandung gulma. Selain menggunakan teknik manual yang mengandalkan observasi langsung dan penyemprotan oleh operator di lapangan, terdapat pendekatan dengan teknologi berbasis *computer vision* yang memungkinkan proses deteksi dan penyemprotan dilakukan secara otomatis dan presisi tinggi. Salah satu alternatif teknologi tersebut adalah *object detection*, yaitu metode dalam *computer vision* yang digunakan untuk mengenali serta menentukan posisi objek pada citra atau video secara otomatis. Dengan menerapkan *object detection*, sistem mampu membedakan antara gulma dan tanaman utama serta menetapkan koordinat gulma sebagai target penyemprotan. Di antara berbagai algoritma yang tersedia, YOLO (*You Only Look Once*) merupakan salah satu solusi yang relevan karena mengintegrasikan proses

klasifikasi dan pelokalan objek dalam satu tahap inferensi, memungkinkan deteksi yang cepat dan efisien. Pendekatan ini membuka peluang implementasi sistem penyemprotan berbasis robotika yang lebih presisi dan efisien.

Pada satu dekade terakhir, penelitian untuk masalah ini telah dilakukan oleh banyak peneliti. Penelitian seperti milik ditahun M. Tahmasebi 2022 [8] yang menggunakan pendekatan robot penyemprot bahan kimia tanaman menggunakan deteksi warna (*color-base detection*). Pendekatan lain dilakukan oleh Yaseen M ditahun 2024 [9] dengan pendekatan *laser weeding* atau penanganan gulma dengan menembakan laser kepada gulma secara presisi. Mengacu pada kedua penelitian diatas, penelitian tugas akhir ini akan mengadopsi sistem serupa namun dengan pendekatan yang lebih efisien dari segi konsumsi energi namun juga mengedepankan akurasi deteksi terhadap penanganan gulma.

Seperti halnya yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, penanganan herbisida pada penelitian ini dilakukan dalam bentuk robot *rover* yang berjalan secara nirkabel. Pada penelitian tugas akhir ini mengembangkan penyemprotan herbisida secara selektif menggunakan modul *pan-tilt* yang bergerak dengan servo motor. Modul ini akan membentuk gerakan rotasi parabolik dalam 2 dimensi (sumbu X dan Y) memungkinkan dilakukannya penyemprotan pada koordinat tertentu memanfaatkan *nozzle* penyemprot yang ditempelkan pada modul ini. Dengan implementasinya pada Raspberry Pi 5 untuk mendeteksi gulma serta ESP32 untuk mengendalikan komponen penggerak robot, penelitian ini diharapkan dapat mengurangi dampak ekologis, konsumsi energi, serta menekan biaya operasional.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dirumuskan beberapa poin-poin konsentrasi permasalahan yang akan diulas. Poin-poin tersebut meliputi:

- a. Bagaimana kinerja model YOLO (You Only Look Once) untuk object detection yang diimplementasikan pada Raspberry Pi 5 dalam

mendeteksi serta membedakan tanaman utama dan gulma pada lingkungan perkebunan?

- b. Bagaimana tingkat akurasi sistem penyemprot herbisida dalam menargetkan posisi gulma berdasarkan perhitungan *Euclidean Distance* dengan memanfaatkan mekanisme aktuasi modul *pan-tilt* servo?
- c. Bagaimana performa sistem pergerakan robot penyemprot gulma ketika dioperasikan pada lahan perkebunan cabai dengan dimensi area pengujian sebesar 25 cm × 100 cm?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini meliputi :

- a. Menganalisis implementasi model YOLO untuk object detection yang dijalankan pada Raspberry Pi 5 dalam proses identifikasi serta pembedaan antara tanaman utama dan gulma.
- b. Mengevaluasi nilai akurasi sistem penyemprot herbisida dalam menargetkan posisi gulma berdasarkan perhitungan *Euclidean Distance* dengan dukungan mekanisme *pan-tilt* servo sebagai aktuator pengarah semprotan.
- c. Menganalisis performa sistem pergerakan robot penyemprot gulma ketika dioperasikan pada lahan perkebunan cabai dengan luas area pengujian sebesar 25 cm × 100 cm.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari diangkatnya penelitian pada tugas akhir ini meliputi :

- a. Bagi Penulis

Dalam pemilihan penelitian ini sebagai topik proposal tugas akhir akan memberikan kesempatan kepada penulis untuk menerapkan keilmuan dan keahlian yang telah diajarkan diperkuliahan dan yang dimiliki untuk menerapkannya kedalam perancangan robot penyemprot herbisida berbasis *computer vision* guna pengendalian gulma pada pertanian.

b. Bagi Masyarakat

Dalam pemilihan penelitian ini sebagai topik proposal tugas akhir akan membantu masyarakat dalam melakukan penyemprotan herbisida pada lahan pertanian dan mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual. Diharapkan penelitian ini dapat meningkatkan hasil panen dari efek efisiensi energi dan biaya yang berhasil dikurangi.

c. Bagi Pembaca

Dalam pemilihan penelitian ini sebagai topik proposal tugas akhir akan menyediakan referensi dan ilmu pengetahuan mengenai algoritma pendeteksian jenis tanaman secara spesifik memanfaatkan YOLO berbasis Raspberry Pi 5 serta penanganannya menggunakan pendekatan penyemprotan selektif menggunakan modul *pan-tilt* servo.

1.5 Pembatasan Masalah

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini diberikan beberapa batasan masalah yang ditetapkan oleh penulis guna terfokusnya penelitian pada topik yang diharapkan. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini meliputi :

- a. Model algoritma YOLO versi 11 seri nano atau biasa disebut YOLOv11n sebagai algoritma *object detection*.
- b. Tanaman yang dideteksi pada penelitian ini meliputi cabai dengan ketinggian kurang lebih 10~15 cm dengan tanaman gulma yang terdiri dari gulma jenis gulma bandotan (*Ageratum conyzoides*) dan meniran (*Phyllanthus urinaria*).
- c. Pengambilan dataset dan pengujian robot dilakukan pada pukul 10:00~14:00 cuaca cerah di intensitas matahari sekitar 32,000 lux.
- d. Medan pertanian pada pengujian seluas 25cm x 100cm. kebun cabai masing masing 3 baris dengan permukaan datar.
- e. Kapasitas Tanki cairan herbisida sebanyak 800ml.

1.6 Sistematika Tugas Akhir

Proposal ini disusun secara sistematis untuk memberikan penjelasan komprehensif mengenai pengembangan robot penyemprot herbisida berbasis computer vision. Struktur proposal terdiri dari lima bab utama.

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan terkait ekspansi lahan pertanian dan tantangan dalam pengendalian gulma akibat penggunaan herbisida yang tidak efisien. Perumusan masalah dirancang sebagai dasar penelitian, diikuti dengan tujuan penelitian, manfaat penelitian serta ruang lingkup penelitian untuk memperjelas batasan studi yang dilakukan.

BAB II: DASAR TEORI

Bab ini membahas landasan teoritis yang menjadi acuan dalam penelitian. Pembahasan tentang pendekatan penanganan gulma yang digunakan, serta peran computer vision dalam mendeteksi objek. Bab ini juga mencakup perangkat keras yang digunakan pada penelitian diuraikan secara teknis dalam kaitannya dengan integrasi sistem yang dikembangkan.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan pendekatan metodologis yang digunakan dalam penelitian, mencakup diagram sistem, pengembangan model deteksi gulma, serta implementasi algoritma penyemprotan presisi. Evaluasi sistem dilakukan melalui serangkaian pengujian untuk mengukur akurasi deteksi gulma, efektivitas penyemprotan herbisida, serta gerak robot di medan pertanian.

BAB IV: PENGUJIAN DAN ANALISA

Bab ini menguraikan hasil pengujian dan analisa dari hasil pengembangan model deteksi gulma, nilai akurasi penyemprotan gulma serta integrasi seluruh gerak sistem pada lahan pertanian.

BAB V: PENUTUP

Bab terakhir ini menyajikan kesimpulan berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terutama dalam hal efektivitas sistem dalam meningkatkan efisiensi pengendalian gulma. Selain itu, rekomendasi disampaikan sebagai dasar untuk pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan performa sistem dalam aplikasi pertanian skala luas.