

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.) merupakan komoditas hortikultura bernilai ekonomi tinggi yang memegang peranan krusial dalam stabilitas industri pangan nasional. Namun, potensi produktivitas komoditas ini senantiasa dibayangi oleh ancaman fluktuasi hasil panen, yang secara dominan diakibatkan oleh serangan hama perusak daun dan buah. Secara spesifik, ancaman terbesar pada fase pertumbuhan sering kali datang dari hama mikroskopis dan serangga terbang, seperti kutu kebul (*Bemisia tabaci*) dan lalat buah (*Bactrocera* spp.). Rentannya fase pertumbuhan terhadap invasi hama yang cepat menuntut adanya deteksi dini yang presisi; mengingat keterlambatan dalam mengidentifikasi serangan pada fase awal dapat memicu kerusakan fisik yang fatal hingga bermuara pada kegagalan panen secara menyeluruh.

Permasalahan mendasar yang saat ini sering terjadi dalam praktik perlindungan tanaman cabai adalah tingginya ketergantungan pada inspeksi visual secara manual. Metode observasi konvensional ini memiliki kelemahan yang signifikan, yakni sangat rentan terhadap variasi subjektif pengamat, *human error*, serta menuntut waktu dan tenaga yang intensif jika harus dilakukan pemantauan secara terus-menerus. Keterlambatan interpretasi dalam mendeteksi jenis dan keberadaan hama berdampak langsung pada ketidaktepatan penanganan agronomis, seperti waktu pemberian dan dosis pestisida yang tidak akurat.

Seiring dengan perkembangan teknologi mikrokontroler, pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) mulai diterapkan untuk membantu proses pemantauan. Namun, sebagian besar sistem IoT yang dikembangkan pada penelitian terdahulu masih bersifat parsial. Mayoritas sistem hanya mengandalkan sensor Kelembapan Tanah untuk sekadar memprediksi kondisi tanaman, tanpa adanya kemampuan validasi visual secara aktual. Di sisi lain, teknologi kecerdasan buatan berupa pengolahan citra digital untuk mendeteksi hama sudah banyak dikembangkan, namun umumnya masih dilakukan secara statis (*offline*) dan belum terintegrasi menjadi instrumen *monitoring* yang beroperasi secara *real-time* berdampingan dengan tanaman.

Kondisi ini menciptakan sebuah celah penelitian (*research gap*) yang krusial. Pemantauan parameter iklim mikro saja tidak sepenuhnya merepresentasikan fakta riil apakah hama benar-benar telah menginfeksi fisik tanaman secara nyata. Sebaliknya, pengolahan citra yang tidak dilakukan secara *real-time* akan menyebabkan keterlambatan mitigasi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan integrasi multisensor pada satu perangkat yang ringkas. Untuk merealisasikan

hal tersebut, instrumen IoT yang diusulkan akan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat komputasi, yang diintegrasikan dengan modul ESP32-CAM sebagai Sensor Citra untuk menangkap visual hama pada daun, serta Sensor Kelembapan Tanah (*Soil Moisture*) sebagai perwakilan Sensor Kelembapan Tanah. Penggabungan data visual dan kondisi media tanam ini merupakan solusi mutakhir untuk menciptakan sistem peringatan dini yang jauh lebih presisi.

Merujuk pada urgensi deteksi dini serta identifikasi celah teknologi yang ada, diperlukan sebuah purwarupa (*prototype*) cerdas yang mampu mengkolaborasikan data iklim mikro dengan validasi citra hama secara *real-time*. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun "**Sistem Monitoring Real-Time Hama pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan Sensor Citra dan Sensor Kelembapan Tanah**". Implementasi sistem ini diharapkan mampu menghasilkan instrumen pengawasan agrikultur yang objektif, berakurasi tinggi, serta tangguh beroperasi secara mandiri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas, maka dapat disimpulkan rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan integrasi sensor citra dan sensor Kelembapan Tanah untuk melakukan *monitoring real-time* hama pada tanaman cabai?
2. Bagaimana mekanisme pengolahan dan pengiriman data secara *real-time* agar validasi visual terhadap hama pada tanaman cabai dapat diakses dengan presisi?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas, supaya didapatkan hasil yang spesifik dari penelitian ini maka dibutuhkan Batasan masalah. Batasan Masalah dari penelitian ini adalah :

1. Objek tanaman yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.), dengan deteksi pengolahan citra dibatasi pada klasifikasi kondisi daun sehat dan jenis hama/penyakit utama sesuai dengan ketersediaan kelas data pada *dataset* yang digunakan.
2. Identifikasi keberadaan hama secara visual (*image processing*) dibatasi secara spesifik pada dua jenis hama utama, yaitu Kutu Kebul (*Bemisia tabaci*) dan Lalat Buah (*Bactrocera spp.*). Sistem ini tidak dirancang untuk mendeteksi penyakit tanaman yang disebabkan oleh virus, bakteri, atau jamur (seperti layu fusarium atau antraknosa).

3. Pemantauan variabel Kelembapan Tanah sebagai pemicu keberadaan hama hanya dibatasi pada parameter kelembapan tanah (soil moisture) di area perakaran. Sistem tidak memperhitungkan parameter iklim mikro eksternal lainnya, seperti suhu udara, curah hujan, maupun kecepatan angin.
4. Pengambilan citra visual hama dilakukan menggunakan sistem kamera dengan sudut pandang (field of view) yang tetap/statis pada area daun uji, yang dibantu oleh pencahayaan buatan (LED) untuk menstabilkan tangkapan gambar pada siang maupun malam hari. Oleh karena itu, akurasi deteksi hama sangat bergantung pada jangkauan visual tangkapan kamera tersebut.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem *monitoring real-time* hama pada tanaman cabai berbasis *Internet of Things* (IoT) terintegrasi yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32, sensor citra, dan sensor Kelembapan Tanah, serta mengevaluasi tingkat akurasi model pengolahan citra dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan keberadaan hama berdasarkan *dataset* yang dilatih. Melalui pencapaian teknis tersebut, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi instrumen pendukung bagi petani dalam mengambil keputusan agronomis yang lebih cepat, objektif, dan presisi terkait strategi pengendalian hama pada budidaya tanaman cabai.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti memberikan informasi peringatan dini kepada petani terkait deteksi keberadaan hama dan kondisi Kelembapan Tanah tanaman cabai secara *real-time* sehingga dapat membantu dalam tindakan pengendalian hama yang lebih presisi, memberikan kontribusi dalam pengembangan aplikasi teknologi *Internet of Things* (IoT) dan pengolahan citra dalam bidang pertanian cerdas (*smart farming*), serta menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan sistem *monitoring* berbasis integrasi multisensor dalam sektor pertanian.