

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salak memiliki potensi besar sebagai komoditas hortikultura unggulan Indonesia, baik untuk pasar domestik maupun ekspor. Permintaan internasional yang stabil dan meningkat dari negara-negara Asia Tenggara, Asia Timur, serta Timur Tengah menunjukkan bahwa salak bukan hanya buah lokal, tetapi juga sumber devisa penting. Untuk memahami lebih jauh skala kontribusi ini, kita dapat melihat data ekspor terbaru yang menunjukkan distribusi tujuan utama buah salak Indonesia [1].

Sebagai contoh, pada tahun 2019, Salak diekspor ke beberapa negara Asia Tenggara dan Asia Timur yaitu Kamboja (862,2 ton), Malaysia (345,2 ton), Thailand (145,7 ton), Republik Rakyat China (143,1 ton), serta Singapura (92,5 ton). Sementara di luar kawasan tersebut, pasar ekspor juga menjangkau Arab Saudi (48,86 ton), Belanda (15 ton), Uni Emirat Arab (10,8 ton), dan Perancis (10,1 ton) [2].

Namun, pasar ekspor buah segar termasuk salak sangat sensitif terhadap isu fitosanitari (Penyebaran hama antar wilayah). Banyak negara tujuan ekspor menerapkan standar karantina ketat terhadap keberadaan lalat buah (*Bactrocera spp.*), termasuk penentuan ambang batas populasi hama yang diukur dengan parameter *flies per trap per day* (FTD) yaitu nilai yang didapat dari membagi jumlah tangkapan dengan jumlah perangkap dan jumlah berapa hari perangkap di pasang. Berdasarkan pedoman ISPM No. 26 (FAO, 2015) dan standar IAEA/FAO (2023), wilayah produksi yang ingin mengekspor buah bebas dari lalat buah harus mampu menunjukkan data pemantauan populasi hama yang akurat dan terkini. Apabila populasi lalat buah melebihi ambang FTD, negara pengimpor berhak menolak masuknya komoditas tersebut atau mengenakan persyaratan tambahan yang memberatkan.

Pedoman teknis *Trapping Guidelines for Area-Wide Fruit Fly Programmes* (FAO/IAEA, 2018) dalam Bagian 5.6 mengatur standarisasi mengenai interval inspeksi dan pemeliharaan perangkap lalat buah di lapangan. Regulasi ini menetapkan bahwa jadwal pemeriksaan rutin dilakukan dalam rentang waktu 7 hingga 14 hari untuk memastikan konsistensi pemantauan populasi di berbagai area. Dalam implementasinya yang menggunakan senyawa atraktan *Methyl Eugenol* (ME), pedoman tersebut menginstruksikan adanya penyesuaian frekuensi servis berdasarkan kondisi lingkungan setempat. Hal ini didasarkan pada ketentuan bahwa laju pelepasan senyawa ME bersifat dinamis terhadap iklim, di mana pada kondisi cuaca yang panas dan kering, penguapan atraktan berlangsung lebih cepat sehingga memerlukan manajemen jadwal pemeliharaan yang spesifik agar performa daya pikat perangkap tetap berada pada tingkat optimal sesuai dengan standar teknis surveilans internasional[24].

Berdasarkan pernyataan Dr. Suputa, ahli Entomologi Universitas Gadjah Mada, Apabila ditemukan satu lalat buah dalam sebuah batch ekspor, semua salak dalam batch tersebut akan dimusnahkan atau dikembalikan ke negara asal. Biaya pengiriman balik atau pemusnahan akan ditanggung oleh pengirim, yang berarti akan mengalami kerugian devisa. Inilah alasan kuat kenapa perhitungan lalat yang *reliable* diperlukan [3].

Metode yang saat ini diterapkan di lapangan secara luas diakui dalam literatur ilmiah sebagai proses yang sangat padat karya (yang berarti sangat bergantung pada tenaga kerja manual manusia), memakan waktu, dan mahal[4]. Ketergantungan pada tenaga manusia ini juga membuat data yang dihasilkan rentan terhadap faktor kesalahan (*human error*), seperti kelelahan atau metodologi penghitungan yang tidak konsisten antar petugas, yang dapat menyebabkan data menjadi tidak dapat diandalkan [5]. Lebih lanjut, sifat padat karya dari pemantauan manual menciptakan masalah skalabilitas yang serius, di mana metode ini sulit untuk diterapkan secara efektif di area perkebunan yang luas.[6].

Dalam *follow up survey* yang dilakukan oleh Tim MySalak satu tahun setelah peluncuran, 20 petani yang tergabung ke dalam kelompok tani Mitra Turindo (adalah kelompok tani yang menjadi tempat implementasi infrastruktur MySalak) diberikan beberapa pertanyaan. Salah satu dari pertanyaan itu adalah “kapan terakhir kali anda menggunakan fitur tertentu di aplikasi MySalak?”, 9 dari 20 responden menjawab bahwa terakhir kali mereka menggunakan aplikasi MySalak (serta fitur perhitungan otomatis via model *image processing*) sudah lebih dari 3 bulan terakhir. Hal ini menunjukan bahwa adopsi penggunaan model *image processing* pada kelompok tani Mitra Turindo belum dilakukan secara maksimal. Lebih lanjut, dalam pertanyaan “berapa kali anda membuka aplikasi MySalak dalam 3 bulan terakhir?”, salah satu responden menjawab bahwa beliau membuka aplikasi MySalak sebanyak dua kali dalam kurun waktu tiga bulan. Mengingat regulasi FAO mengenai interval inspeksi perangkap berbasis ME yaitu 7-14 hari atau paling sedikit 2 kali dalam satu bulan, pengecekan sebanyak 2 kali dalam kurun waktu 3 bulan dapat disebut tidak mengikuti regulasi tersebut[28].

Penelitian ini dikembangkan berdasarkan diskusi dengan Dr. Suputa sebagai stakeholder utama, yang dalam kapasitasnya sebagai ahli Entomologi dan *Project Coordinator* untuk program MySalak, memiliki kebutuhan untuk *deployment* sistem perangkap otomatis yang akurat dalam skala luas guna mendukung pengumpulan data *Flies per Trap per Day* (FTD) yang valid untuk kepentingan sertifikasi ekspor hortikultura. Sistem pemantauan konvensional yang berbasis inspeksi manual terbukti tidak scalable, serta memiliki interval inspeksi yang tidak menentu, sehingga sulit untuk memenuhi regulasi FAO tentang interval inspeksi perangkap. Akurasi yang tinggi dibutuhkan oleh Dr. Suputa sebagai stakeholder untuk mengurangi resiko *contaminated batch* dikirim sebagai ekspor dan menyebabkan kerugian.

Dalam wawancara konsultasi penelitian ini, Dr. Suputa mengidentifikasi bahwa implementasi *Area-Wide Management* dalam skala ekspor hortikultura memerlukan deployment perangkap dalam jumlah besar, namun metode penghitungan manual menciptakan kendala skalabilitas yang signifikan karena

bersifat padat karya dan rentan terhadap kesalahan perhitungan. Dr. Suputa menekankan bahwa tanpa data FTD yang valid, proses ekspor tidak dapat dilaksanakan, dan perangkap otomatis dibutuhkan untuk mempermudah perbesaran skala pemantauan. Konsekuensi ekonomi dari akurasi data yang tidak memadai sangat serius: apabila ditemukan satu lalat buah dalam sebuah batch ekspor, seluruh batch tersebut akan dimusnahkan atau dikembalikan ke negara asal dengan biaya pengiriman balik atau pemusnahan yang ditanggung oleh pengirim, yang berarti kerugian devisa bagi Indonesia. Dalam konteks regulatory, penerbitan *sanitary certificate* oleh Badan Karantina memerlukan *scientific evidence* yang mengacu pada standar WTO, di mana perhitungan harus mirip tanpa selisih signifikan atau sama persis. Untuk memenuhi requirement ini, Dr. Suputa menyampaikan bahwa akurasi minimal sistem otomatis yang dianggap layak adalah 95% untuk kepentingan Direktorat Perlindungan Tanaman, dan idealnya 100% untuk kepentingan karantina ekspor[3].

Implementasi perangkat pemantauan otomatis berbasis *Infrared Breaker Array* memberikan kemampuan teknis untuk melakukan pengawasan populasi hama secara real-time, sebuah fitur yang tidak tersedia pada metode konvensional atau metode yang telah digunakan di MySalak. Dengan mendeteksi intrusi lalat buah tepat pada saat memasuki perangkap, sistem ini mampu menyediakan resolusi data temporal yang tinggi, sehingga fluktuasi populasi harian maupun per jam dapat terpetakan secara akurat. Pengumpulan data yang kontinu ini memungkinkan variabel interval hari (D) dalam perhitungan *Flies per Trap per Day* (FTD) menjadi konstan dan objektif, yang merupakan syarat krusial untuk memenuhi standar sensitivitas tinggi dalam regulasi surveilans internasional.

Dalam ekosistem aplikasi MySalak, perangkat ini akan diimplementasikan bersama dengan model *image processing* yang sudah di *deploy* di aplikasi MySalak. Perangkat diperlakukan sebagai sumber data yang setara dengan model *image processing* dalam aplikasi MySalak. Alur kerja aplikasi memproses data hasil penghitungan sensor inframerah secara paralel dengan

data citra, dimana hasil hitungan model dan perangkap otomatis akan dihitung untuk mendapatkan nilai FTD keseluruhan dari sebuah lahan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

- 1.2.1 Untuk mendukung deployment perangkap dalam jumlah besar, peningkatan efisiensi proses penghitungan sangat krusial. Bagaimana performa metode penghitungan otomatis menggunakan *IR Breaker* dalam meningkatkan efisiensi waktu untuk monitoring lalat buah dalam skala operasional yang luas?
- 1.2.2 Mengingat akurasi sistem otomatis harus memenuhi standar minimal yang ditetapkan oleh otoritas *regulatory* untuk validitas data FTD. Bagaimana performa perhitungan metode perangkap otomatis menggunakan *IR Breaker* jika diukur menggunakan metrik kuantitatif seperti MAE (*Mean Absolute Error*) untuk mengecek nilai kesalahan perhitungan, Akurasi untuk ketepatan hasil perhitungan, MBE (*Mean Bias Error*) untuk bias perhitungan perangkap, dan RMSE (*Root Mean Squared Error*) untuk konsistensi perhitungan?

1.3 Batasan Penelitian

- 1.3.1 Fokus pada deteksi lalat buah secara kuantitatif (jumlah lalat), bukan identifikasi spesies mendalam.
- 1.3.2 Penelitian fokus pada penggunaan *IR Breaker array* sebagai metode deteksi dengan metrik waktu dan akurasi, tidak mencakup aspek lain perangkap seperti Protokol Komunikasi atau *Power Budget*.
- 1.3.3 Penelitian ini fokus pada fungsionalitas perangkap pintar itu sendiri, tidak mencakup analisis ketahanan *hardware*.
- 1.3.4 Pengetesan dilakukan menggunakan Infrastruktur gateway MySalak namun di host terpisah dari infrastruktur *Node MySalak* yang telah ada.
- 1.3.5 Pengetesan Akurasi Laboratorium hanya akan melalui 5 trial karena keterbatasan waktu dan akses laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem perhitungan lalat buah otomatis untuk menghemat tenaga kerja manusia.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1.5.1 Mengurangi tenaga kerja yang dikeluarkan petani untuk melakukan pengawasan terhadap jumlah hama.
- 1.5.2 Memberikan *Insight* penting akan populasi .
- 1.5.3 Menaikkan standarisasi perhitungan hama yang dilakukan oleh petani, pengumpulan data secara rutin dan konsisten akan membuat petani lebih mudah memenuhi standar ekspor yang ditentukan.
- 1.5.4 Menjadi referensi untuk pengembangan perangkap pintar kedepannya

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan Tugas Akhir ini disusun dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut untuk memberikan gambaran yang runut dan komprehensif mengenai keseluruhan penelitian:

1.6.1 Bab I : Pendahuluan

Bab ini berisi pendahuluan yang melandasi penelitian, mencakup latar belakang masalah terkait tantangan ekspor salak dan inefisiensi pemantauan hama , pertanyaan penelitian , batasan penelitian , tujuan penelitian , manfaat yang diharapkan , serta sistematika penulisan laporan ini.

1.6.2 Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas landasan teoretis dan justifikasi dari solusi yang diusulkan. Bagian ini mencakup justifikasi solusi yang didasarkan pada ulasan penelitian-penelitian terdahulu yang relevan serta tinjauan teori mengenai konsep-konsep kunci seperti lalat buah , perangkap tradisional , regulasi FTD , dan metrik evaluasi yang akan digunakan.

1.6.3 Bab III : Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan secara rinci metodologi yang digunakan untuk merancang dan menguji solusi. Bagian ini mencakup tahapan perancangan solusi mulai dari tinjauan teori, perancangan prototipe perangkat keras,

Pengetesan lab, serta pengumpulan data penelitian. Selain itu, bab ini juga menguraikan metode pengujian yang akan dilakukan untuk menilai akurasi dan efisiensi tenaga perangkap.

1.6.4 Bab IV: Implementasi dan Pengujian Sistem

Bab ini akan menyajikan hasil dari implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang. Pembahasan akan mencakup hasil pengujian efisiensi waktu dan pengujian akurasi perhitungan, sesuai dengan metrik yang telah ditetapkan pada bab sebelumnya.

1.6.5 Bab V: Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan penutup dari laporan penelitian. Bagian ini akan berisi simpulan yang menjawab pertanyaan penelitian berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya, serta menyajikan saran-saran untuk pengembangan penelitian di masa mendatang.

